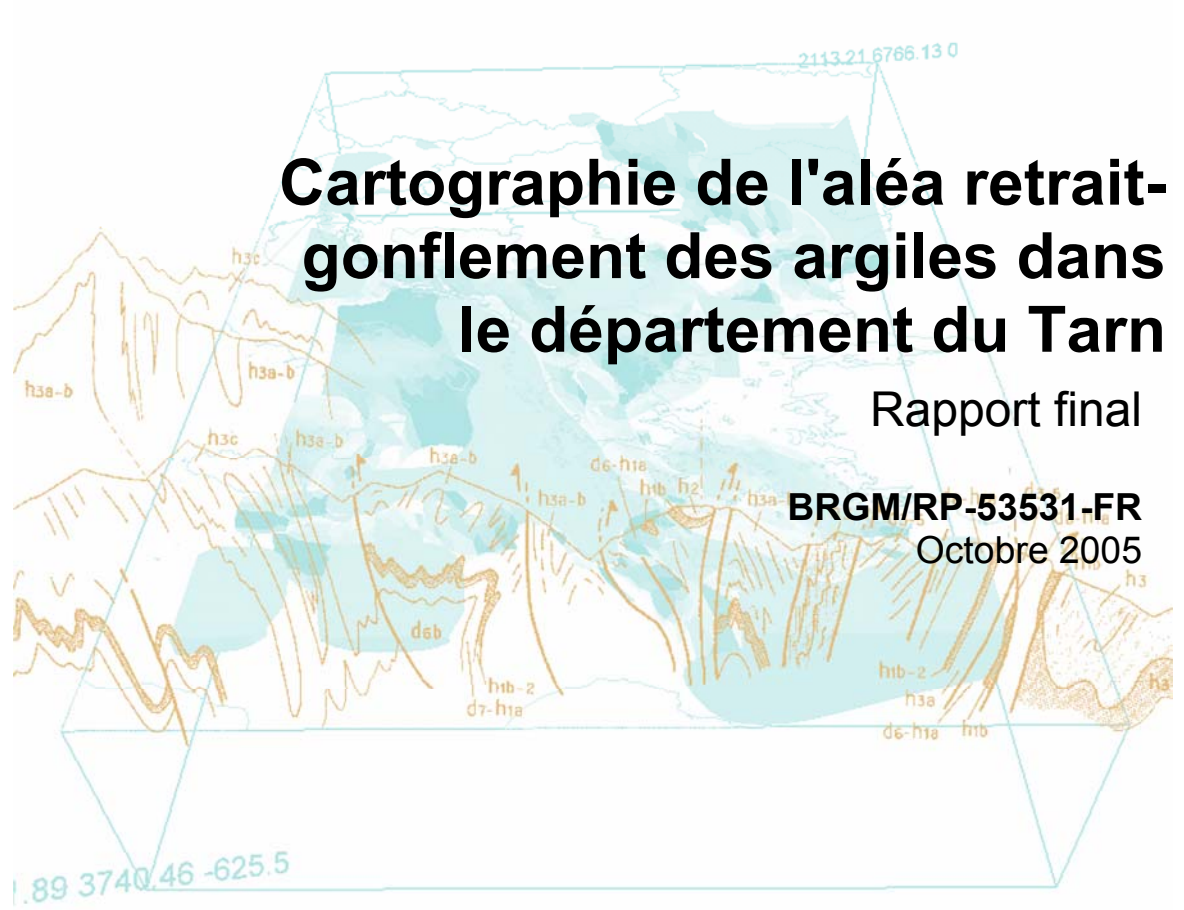


Document public



Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Tarn

Rapport final

BRGM/RP-53531-FR
Octobre 2005



Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Tarn

Rapport final

BRGM/RP-53531-FR

Octobre 2005

Étude réalisée dans le cadre de l'opération
de Service public du BRGM 2004 03RISD34

G. Delpont, E. Saillard, M. Ghyselinck

Avec la collaboration de

J.P. Capdeville

Vérificateur :

Nom : M. Vincent

Signé le 17/10/2005

Approbateur :

Nom : Ph. Dutartre

Signé le 11/10/2005



Mots clés : argiles, marnes, argiles gonflantes, smectites, retrait-gonflement, aléa, risque naturel, sinistre sécheresse, catastrophe naturelle, géotechnique, cartographie, Tarn.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

G. Delpont, E. Saillard, M. Ghyselinck, avec la collaboration **J.P. Capdeville**. (2005) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Tarn. Rapport BRGM/RP- RP- 53531-FR, 113 pages, 22 illustrations, 6 annexes, 3 cartes hors texte, 1 cdrom

© BRGM, 2005, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Les phénomènes de retrait-gonflement de certaines formations géologiques argileuses affleurantes provoquent des tassements différentiels qui se manifestent par des désordres affectant principalement le bâti individuel. En France métropolitaine, ces phénomènes, mis en évidence à l'occasion de la sécheresse exceptionnelle de l'été 1976, ont pris une réelle ampleur lors des périodes sèches des années 1989-91 et 1996-97, puis dernièrement au cours de l'été 2003.

Le Tarn fait partie des départements français touchés par le phénomène, puisque 4787 sinistres déclarés liés à la sécheresse y ont été recensés dans le cadre de la présente étude, au 31 mai 2005. 164 communes sur les 324 que compte le département ont été reconnues en état de catastrophe naturelle pour ce phénomène, pour des périodes comprises entre mai 1989 et septembre 2003, soit un taux de sinistralité de 50 %. Par ailleurs, d'après les données de la Caisse Centrale de Réassurance, le Tarn est situé en 13^{ème} position des départements français en terme de coût d'indemnisation pour ce phénomène et même en 8^{ème} position hors département de la région parisienne. Il se place en 15^{ème} position en terme d'occurrences de reconnaissance de catastrophe naturelle (en distinguant par commune et par période). Ces chiffres montrent que le Tarn est fortement affecté par le phénomène, surtout si l'on considère qu'il n'arrive qu'au 61^{ème} rang des départements français en terme de population (INSEE 2000).

Afin d'établir un constat scientifique objectif et de disposer de documents de référence permettant une information préventive, le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD) a demandé au BRGM de réaliser une cartographie de cet aléa à l'échelle de tout le département du Tarn, dans le but de définir les zones les plus exposées au phénomène de retrait-gonflement des argiles. Cette étude, réalisée par le BRGM dans le cadre de sa mission de service public sur les risques naturels, s'intègre dans un programme national de cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux, qui devrait concerner au moins trente-trois départements parmi les plus touchés et couvrir la majeure partie de la région Midi-Pyrénées.

L'étude a été conduite par le Service Géologique Régional Midi-Pyrénées du BRGM en collaboration avec le Service Aménagement et Risques Naturels de ce même organisme. Le financement en a été assuré à hauteur de 50 % par la dotation de service public du BRGM, le complément ayant été apporté par le fonds de prévention des risques naturels majeurs, dans le cadre d'une convention de cofinancement signée avec la Préfecture du Tarn.

La démarche de l'étude a d'abord consisté à établir une cartographie départementale synthétique des formations argileuses et marneuses affleurantes à sub-affleurantes, à partir de la synthèse des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000. Les formations ainsi identifiées, au nombre de quinze, ont ensuite fait l'objet d'une hiérarchisation quant à leur susceptibilité vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Cette classification a été établie sur la base de trois critères principaux : la caractérisation lithologique de la

formation, la composition minéralogique de sa phase argileuse et son comportement géotechnique, ce qui a conduit à l'établissement d'une carte départementale de susceptibilité vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement.

La carte d'aléa a alors été établie à partir de la carte synthétique des formations argileuses et marneuses, après hiérarchisation de celles-ci en tenant compte non seulement de la susceptibilité des formations identifiées, mais aussi de la probabilité d'occurrence du phénomène. Cette dernière a été évaluée à partir du recensement des sinistres en calculant pour chaque formation sélectionnée une densité de sinistres, rapportée à la surface d'affleurement réellement urbanisée, afin de permettre des comparaisons fiables entre les formations.

Sur cette carte, les zones d'affleurement des formations argileuses sont caractérisées par deux niveaux d'aléa (moyen et faible).

Sur l'ensemble du département,

- aucun site du département n'a été classé en aléa fort, et ceci en référence aux cartes établies dans d'autres départements, sur la base des mêmes critères
- 36 % du département a été caractérisé en aléa moyen,
- 24 % du département a été caractérisé en aléa faible,
- 40 % de la surface du département a été caractérisé en aléa a priori nul (y compris la surface correspondant au réseau hydrographique).

Il n'est toutefois pas exclu que, sur ces derniers secteurs considérés d'aléa a priori nul et compte tenu de la grande hétérogénéité de la lithologie, se trouvent localement des zones argileuses d'extension limitée, notamment dues à l'altération localisée des calcaires ou à des lentilles argileuses non cartographiées, et susceptibles de provoquer des sinistres. De fait la présence de 113 sinistres, soit 2,3% du total, est constatée sur l'ensemble des formations considérées comme non argileuses.

Cette carte d'aléa retrait-gonflement des terrains argileux du département du Tarn, dont l'échelle de validité est, au mieux, de l'ordre du 1/50 000 et qui est présentée en hors texte à l'échelle 1/125 000, pourra servir de base à des actions d'information préventive dans les communes les plus touchées par le phénomène. Elle constitue également le point de départ pour l'élaboration de Plans de Prévention des Risques naturels (PPR), en vue d'attirer l'attention des constructeurs et maîtres d'ouvrages sur la nécessité de respecter certaines règles constructives préventives dans les zones soumises à l'aléa retrait-gonflement, en fonction du niveau de celui-ci. Cet outil réglementaire devra insister sur l'importance d'une étude géotechnique à la parcelle comme préalable à toute construction nouvelle dans les secteurs concernés par les formations géologiques à aléa moyen ou faible, notamment en raison de la forte hétérogénéité des formations du département. A défaut, il conviendra de mettre en œuvre des règles constructives type par zones d'aléa, visant à réduire le risque de survenance de sinistres.

Sommaire

1. Introduction	11
2. Méthodologie	13
2.1. FACTEURS INTERVENANT DANS LE RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES	13
2.1.1. Facteurs de prédisposition	14
2.1.2. Facteurs de déclenchement	18
2.2. METHODOLOGIE.....	19
2.2.1. Cartographie des formations argileuses et marneuses.....	19
2.2.2. Caractérisation lithologique, minéralogique et géotechnique des formations	20
2.2.3. Examen des autres facteurs de prédisposition et de déclenchement	21
2.2.4. Carte de susceptibilité	21
2.2.5. Recensement et localisation géographique des sinistres	22
2.2.6. Détermination des densités de sinistres.....	22
2.2.7. Carte d'aléa	23
3. Présentation du département du Tarn	25
3.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE.....	25
3.2. CONTEXTE CLIMATIQUE	27
4. Identification et cartographie des formations géologiques argileuses et marneuses	29
4.1. DOCUMENTS ET METHODOLOGIE UTILISES.....	29

4.1.1. Documents utilisés.....	29
4.1.2. Méthode de réalisation de la carte des formations argileuses et marneuses	32
4.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL	32
4.2.1. Les roches consolidées	33
4.2.2. Les roches non consolidées	33
4.3. LITHOSTRATIGRAPHIE DES FORMATIONS ARGILEUSES ET MARNEUSES	34
4.3.1. Les formations superficielles du Quaternaire	36
4.3.2. Les formations du substratum tertiaire (Éocène et Oligocène).....	38
4.3.3. Les formations du substratum jurassique et triasique	39
4.3.4. Les formations du substratum paléozoïque	40
4.4. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE REGIONAL	40
4.4.1. Référentiel Hydrogéologique	40
4.4.2. Synthèse	44
5. Caractérisations lithologique, minéralogique et géotechnique des formations argileuses et marneuses et élaboration de la carte de susceptibilité.....	45
5.1. GENERALITES SUR L'ELABORATION DE LA CARTE DE SUSCEPTIBILITE	45
5.1.1. Critères retenus	45
5.1.2. Méthode de classification	45
5.2. CRITERE LITHOLOGIQUE.....	46
5.2.1. Définition du critère lithologique et barème	46
5.2.2. Caractérisation lithologique des formations argileuses et marneuses du département du Tarn	47
5.3. CARACTERISATION MINERALOGIQUE DES FORMATIONS ARGILEUSES ET MARNEUSES	49

5.3.1. Définition du critère minéralogique et barème.....	49
5.3.2. Source des données	49
5.3.3. Caractérisation minéralogique des formations argileuses et marneuses du département du Tarn.....	52
5.4. CARACTERISATION GEOTECHNIQUE DES FORMATIONS ARGILEUSES ET MARNEUSES	53
5.4.1. Définition du critère géotechnique et barème.....	53
5.4.2. Source des données	57
5.4.3. Caractérisation géotechnique des formations argileuses et marneuses du département du Tarn.....	58
5.5. ELABORATION DE LA CARTE DE SUSCEPTIBILITE.....	60
5.5.1. Détermination du degré de susceptibilité	60
5.5.2. Susceptibilité des formations argileuses et marneuses	60
5.5.3. Carte de susceptibilité	61
6. Inventaires des communes sinistrées et des sinistres sécheresse - détermination du critère densité de sinistres	63
6.1. PROCEDURE DE DEMANDE DE RECONNAISSANCE DE L'ETAT DE CATASTROPHE NATURELLE.....	63
6.2. IDENTIFICATION DES COMMUNES SINISTREES	64
6.3. COLLECTE DES DONNEES DE SINISTRES.....	67
6.4. REPARTITION DES SINISTRES PAR FORMATION GEOLOGIQUE ET DENSITES DE SINISTRES.....	70
6.4.1. Densité de sinistre rapportée à la surface d'affleurement des formations géologiques.....	70
6.4.2. Densité de sinistre rapportée à la surface urbanisée	71
6.4.3. Détermination de la densité de sinistres par formation	73

7. Carte d'aléa	77
7.1. DETERMINATION DU NIVEAU D'ALEA	77
7.2. CARTE D'ALEA.....	78
7.3. COMPARAISON DES RESULTATS OBTENUS AVEC LES DEPARTEMENTS VOISINS DEJA CARTOGRAPHIES	80
7.4. SYNTHESE DE L'ALEA RETRAIT-GONFLEMENT DANS LE TARN	80
8. Conclusion	82
9. Bibliographie.....	84

Liste des illustrations

Illustration 1 - Schématisation de la dessiccation des sols argileux en période sèche	13
Illustration 2 - Carte de présentation du Tarn (extrait de carte IGN 1/250 000)	26
Illustration 3 - Assemblage des cartes géologiques à 1/50 000 du Tarn sur fond de carte géologique de la France à l'échelle du 1/1 000 000	30
Illustration 4 - Liste des formations argileuses et marneuses du Tarn	34
Illustration 5 - Carte des formations argileuses et marneuses du département du Tarn	35
Illustration 6 - Caractéristiques des systèmes aquifères (SA) du RHF dans le Tarn.....	41
Illustration 7 - Carte schématique des systèmes aquifères du RHF du Tarn	43
Illustration 8 - Systèmes aquifères alluviaux du Tarn (valeurs indicatives).	43
Illustration 9 - Note lithologique des formations argileuses et marneuses	48
Illustration 10 - Localisation des prélèvements effectués dans le cadre de l'étude	51
Illustration 11 - Résultats de la diffractométrie aux rayons X et notation minéralogique	53
Illustration 12 - Notation géotechnique des formations argileuses et marneuses	59
Illustration 13 - Indice de susceptibilité des formations	61
Illustration 14 - Carte de susceptibilité au retrait gonflement du département du Tarn	62
Illustration 15 - Carte des communes sinistrées	66
Illustration 16 - Carte de localisation des sinistres sur la carte des formation argileuses et marneuses du département	68
Illustration 17 - Nombre de sinistres recensés par commune.....	69
Illustration 18 - Répartition des sinistres sur les surfaces d'affleurement des formations géologiques	72
Illustration 19 - Carte des zones urbanisées.....	74
Illustration 20 - Calcul du niveau d'aléa des formations argileuses et marneuses	78
Illustration 21 - Carte départementale de l'aléa retrait-gonflement des argiles	79
Illustration 22 - Classement des formations en fonction de leur niveau d'aléa.....	81

Liste des annexes

Annexe 1 – Rappels sur le mécanisme de retrait-gonflement des argiles	88
Annexe 2 – Résultats des analyses	94
Annexe 3 – Liste des 164 communes du Tarn reconnues en état de catastrophe naturelle au titre des mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols et dates des périodes de reconnaissance - Etat à fin mai 2005.....	101
Annexe 4 – Extrait de la liste des sinistres "sécheresse" recensés dans le cadre de cette étude	109
Annexe 5 – Liste et coordonnées des bureaux d'études ayant fourni des données géotechniques	109
Annexe 6 – Exemple de fiche analytique de notice de carte géologique.....	111

Liste des cartes hors-textes

Carte 1 – Carte synthétique des formations argileuses et marneuses (échelle 1/125 000)	
Carte 2 – Carte départementale de susceptibilité au retrait-gonflement des argiles (échelle 1/125 000)	
Carte 3 – Carte départementale de l'aléa retrait-gonflement des argiles (échelle 1/125 000)	

1. Introduction

Les phénomènes de retrait-gonflement de certains sols argileux provoquent des tassements différentiels qui se manifestent par des désordres affectant principalement le bâti individuel. En France métropolitaine, ces phénomènes ont été mis en évidence à l'occasion de la sécheresse exceptionnelle de l'été 1976. Ils ont pris depuis une ampleur importante lors des périodes sèches des années 1989-91 et 1996-97 et, tout dernièrement, au cours de l'été 2003.

Selon des critères mécaniques, les variations de volume du sol ou des formations lithologiques affleurantes à sub-affleurantes sont dues, d'une part, à l'interaction eau – solide, aux échelles microscopiques et macroscopiques, et, d'autre part, à la modification de l'état de contrainte en présence d'eau. Ces variations peuvent s'exprimer soit par un gonflement (augmentation de volume), soit par un retrait (réduction de volume). Elles sont spécifiques de certains matériaux argileux, en particulier ceux appartenant au groupe des smectites (dont fait partie la montmorillonite).

Sous un climat tempéré, les argiles situées à faible profondeur sont souvent déconsolidées, humidifiées et ont épuisé leur potentiel de gonflement à l'état naturel. Mais elles sont dans un état éloigné de leur limite de retrait (teneur en eau à partir de laquelle toute diminution de cette teneur provoquera une fissuration du matériau argileux par dessiccation) et peuvent se rétracter si leur teneur en eau diminue de façon notable. Dans ce contexte, les sinistres surviennent donc surtout lorsqu'une période de sécheresse intense ou prolongée provoque l'apparition de pressions interstitielles négatives dans la tranche superficielle du sol, soumise à évapotranspiration.

La prise en compte, par les compagnies d'assurance, des sinistres liés à la sécheresse a été rendue possible par l'application de la loi n° 82-600 du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes de catastrophe naturelle. Depuis l'année 1989 (début d'application de cette procédure aux sinistres résultant de mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et la réhydratation des sols), plus de 5 800 communes françaises, réparties dans 83 départements, ont été reconnues en état de catastrophe naturelle à ce titre. A fin 2002, le coût des sinistres dus à la sécheresse, indemnisés en France en application de la loi de 1982, a été évalué par la Caisse Centrale de Réassurance (CCR) à environ 3,3 milliards d'euros, ce qui en fait la deuxième cause d'indemnisation de catastrophes naturelles derrière les inondations.

La région Midi-Pyrénées a été particulièrement affectée par ce phénomène puisque quatre des huit départements qu'elle compte (Haute-Garonne, Gers, Tarn et Tarn-et-Garonne) se situent tous parmi les 14 départements qui présentent les coûts cumulés

d'indemnisation les plus élevés (données CCR, octobre 2003), le Tarn étant classé en 13^{ème} position. Ce département, d'une superficie de 5 771 km², comptait 344 444 habitants en 2000. Au total, à fin mai 2005, 164 communes sur les 324 que compte le département y ont été reconnues en état de catastrophe naturelle sécheresse, pour des périodes allant de mai 1989 à septembre 2003, soit un taux de sinistralité de 45 %. Il faut toutefois noter que, dans un premier temps, la présente étude, initiée en septembre 2003 n'avait pris en compte que les 84 communes qui étaient alors reconnues en état de catastrophe naturelle. La sévérité de la canicule de l'été 2003 a conduit le BRGM, à la demande de la préfecture, à réaliser une deuxième enquête auprès des 164 communes reconnues depuis cet événement météorologique.

Afin d'établir un constat scientifique objectif à l'échelle de tout le département et de disposer de documents de référence permettant une information préventive, le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable a souhaité réaliser une carte de l'aléa retrait-gonflement dans le but de définir les zones les plus exposées au phénomène. Cette étude a été confiée au BRGM qui, dans le cadre de sa mission de service public sur les risques naturels, a élaboré une méthodologie de cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles à l'échelle départementale. L'intérêt d'une telle étude est multiple :

- compréhension de la corrélation entre la nature géologique des terrains et la répartition statistique des sinistres, à l'échelle départementale, puis régionale quand tous les départements limitrophes seront étudiés ;
- élaboration d'un document de prévention, en matière d'aménagement du territoire, destiné à la fois aux communes (pour l'établissement ultérieur de Plans de Prévention des Risques prenant en compte l'aléa retrait-gonflement), aux particuliers et surtout aux maîtres d'ouvrages désireux de construire en zone sensible, afin qu'ils prennent, en connaissance de cause, les dispositions constructives qui s'imposent pour que le bâtiment ne soit pas affecté par des désordres ;
- élaboration d'un outil à l'usage des experts pour le diagnostic des futures déclarations de sinistres.

La présente étude a été réalisée par le Service Géologique Régional Midi-Pyrénées du BRGM en collaboration avec le Service Aménagement et Risques Naturels de ce même organisme. Le financement en a été assuré à hauteur de 50 % par la dotation de service public du BRGM, le complément ayant été financé par le fonds de prévention des risques naturels majeurs, dans le cadre d'une convention de cofinancement signée avec la Préfecture du Tarn.

Cette étude a été réalisée dans le cadre de la mission de service public du BRGM sur les risques naturels et s'intègre dans un programme national de cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux qui doit concerner au moins 44 départements français parmi les plus touchés par le phénomène.

2. Méthodologie

2.1. FACTEURS INTERVENANT DANS LE RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES

Les phénomènes de retrait-gonflement sont dus pour l'essentiel à des variations de volume de formations argileuses sous l'effet de l'évolution de leur teneur en eau, comme rappelé en annexe 1 et schématisé sur l'illustration 1. Ces variations de volume se traduisent par des mouvements différentiels de terrain, susceptibles de provoquer des désordres au niveau du bâti.

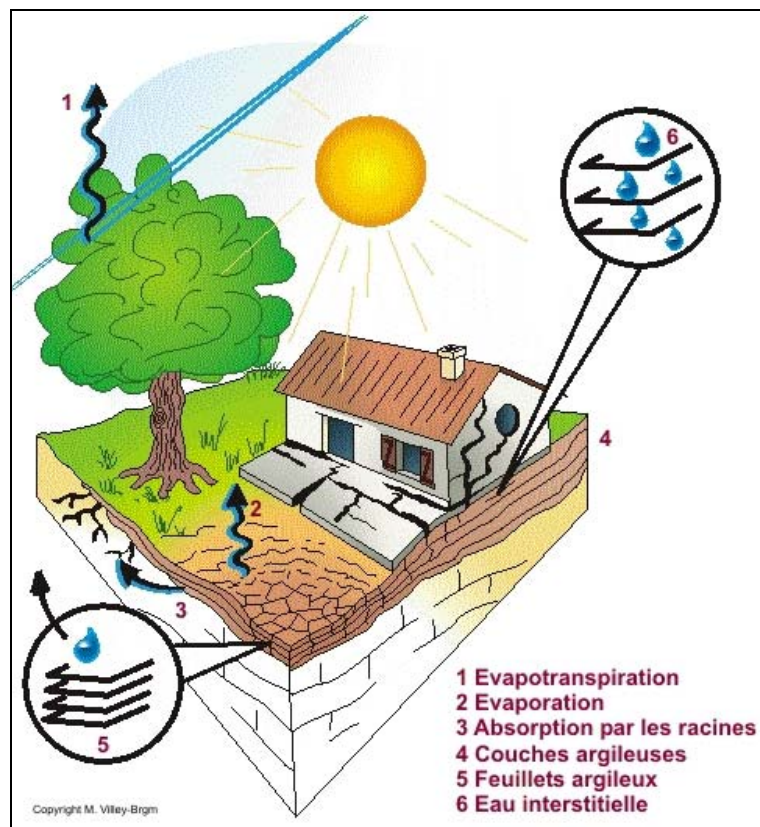


Illustration 1 – Schématisation de la dessiccation des sols argileux en période sèche

Par définition, l'aléa retrait-gonflement est la probabilité d'occurrence spatiale et temporelle des conditions nécessaires à la réalisation d'un tel phénomène. Parmi les facteurs de causalité, on distingue classiquement des facteurs de prédisposition et des facteurs de déclenchement.

Les facteurs de prédisposition sont ceux dont la présence induit le phénomène de retrait-gonflement, mais ne suffit pas à elle seule à le déclencher. Ces facteurs sont fixes ou évoluent très lentement avec le temps. On distingue les facteurs internes, qui sont liés à la nature du sol, et des facteurs d'environnement qui caractérisent plutôt le site. Les facteurs de prédisposition permanents conditionnent en fait la répartition spatiale du phénomène. Ils permettent de caractériser la susceptibilité du milieu vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement.

Les facteurs de déclenchement sont ceux dont la présence provoque le phénomène de retrait-gonflement, mais qui n'ont d'effet significatif que s'il existe des facteurs de prédisposition préalables. La connaissance des facteurs déclenchant permet de déterminer l'occurrence du phénomène (autrement dit l'aléa et non plus seulement la susceptibilité).

2.1.1. Facteurs de prédisposition

Nature du sol

La nature du sol constitue un facteur de prédisposition prédominant dans le mécanisme de retrait-gonflement : seules les formations géologiques présentant des minéraux argileux sont sujettes au phénomène et leur susceptibilité dépend de leur lithologie, de leur géométrie, de leur minéralogie et de leur comportement géotechnique.

La procédure d'étude de la nature du sol, basée sur l'exploitation des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000 éditées par le BRGM, comporte un inventaire des formations affleurantes à sub-affleurantes, à composante argileuse ou marneuse, puis leur cartographie.

La majorité des dossiers consultés montre que les sinistres sont corrélés à la présence d'une formation argileuse ou marneuse bien définie, ce qui conforte le concept adopté. Cependant, il est important de signaler qu'une carte géologique en tant que telle ne suffit pas à déterminer la répartition des sols argileux sujets au retrait-gonflement. Trois raisons peuvent être citées :

- les cartes géologiques sont des cartes stratigraphiques et non lithologiques. Cela signifie que les limites des formations sont tracées en ne tenant compte que des limites d'âge des terrains et non de leur nature,
- les cartes minimisent souvent les formations superficielles pour valoriser les roches plus profondes,
- les cartes ne prennent pas toujours en compte les éventuelles transformations locales du sol (principalement sous l'effet de l'altération de la roche).

C'est en particulier le cas, dans le département du Tarn, pour la formation des molasses qui sont représentées par deux figurés principaux, correspondant aux âges

éocène et miocène. Ces derniers englobent indistinctement des grès, des silts, des argiles et des calcaires, disposés selon une géométrie très complexe, résultat d'un dépôt en contexte de chenaux torrentiels et alluviaux anastomosés. C'est également le cas des altérites qui affectent les schistes métamorphiques de la bordure ouest du Massif Central et qui ne sont que rarement signalées sur les cartes correspondantes.

Concernant la nature des formations géologiques, les éléments qui influent sur la susceptibilité au retrait-gonflement sont en premier lieu la lithologie de la formation (c'est-à-dire principalement la proportion de matériau argileux, autrement dit d'éléments fins inférieurs à 2 µm).

En moindre proportion mais non négligeable, la géométrie de la formation argileuse influe sur la susceptibilité au retrait-gonflement. Les effets du phénomène seront d'autant plus importants que la formation sera en position superficielle et que les niveaux argileux en son sein seront épais et continus. Une alternance de niveaux argileux et de lits plus perméables (sableux, par exemple), sièges de circulations d'eau temporaires, constitue également une configuration défavorable, car à l'origine de fréquentes variations de teneur en eau dans les parties argileuses.

Un facteur prépondérant qui détermine le degré de susceptibilité d'une formation argileuse au phénomène de retrait-gonflement, est sa composition minéralogique. Une formation sera d'autant plus susceptible au phénomène que sa fraction argileuse (au sens granulométrique) contiendra une forte proportion de minéraux argileux dits "gonflants". En effet, certains minéraux argileux présentent, par rapport aux autres, une aptitude nettement supérieure vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Il s'agit essentiellement des smectites (dont font partie les montmorillonites), de certains minéraux argileux interstratifiés, de la vermiculite et de certaines chlorites.

Cette composition minéralogique dépend étroitement des conditions de dépôt et d'évolution diagénétique (ensemble des processus qui affectent un dépôt sédimentaire initial pour le transformer en roche). On peut donc approcher cette connaissance par une reconstitution des conditions paléogéographiques ayant présidé à la mise en place des différentes formations (dépôt sédimentaire initial). De façon plus quantitative, mais dont la valeur n'est que ponctuelle, la connaissance de la composition minéralogique d'une formation argileuse se détermine directement par des analyses diffractométriques aux rayons X. On peut enfin caractériser, par des essais géotechniques en laboratoire, l'aptitude du matériau à absorber de l'eau, voire mesurer directement sa capacité de retrait ou de gonflement. Ces deux dernières approches (caractérisation minéralogique et évaluation du comportement géotechnique du matériau) présentent l'avantage majeur de fournir des résultats quantitatifs rigoureux, mais exigent un grand nombre de mesures pour caractériser de manière statistique le comportement de chacune des formations, qui peuvent être par nature hétérogènes.

Contexte hydrogéologique

Parmi les facteurs de prédisposition, les conditions hydrogéologiques constituent un des facteurs environnementaux régissant les conditions hydrauliques in situ. Or la présence d'une nappe phréatique rend plus complexe le phénomène de retrait-

gonflement. En effet, les conditions hydrauliques in situ (teneur en eau et degré de saturation) varient dans le temps non seulement en fonction de l'évapotranspiration (dont l'action est prépondérante sur une tranche très superficielle de l'ordre de 1 à 2 m d'épaisseur) mais aussi en fonction des fluctuations de la nappe éventuelle (dont l'action devient prépondérante en profondeur).

La présence d'une nappe permanente à faible profondeur permet généralement d'éviter la dessiccation de la tranche superficielle de sol. Inversement, un rabattement de cette nappe (sous l'effet de pompages ou d'un abaissement généralisé du niveau), ou le tarissement naturel des circulations d'eau superficielles en période de sécheresse, aggrave la dessiccation de la tranche de sol soumise à l'évaporation. Ainsi, dans le cas d'une formation argileuse surmontant une couche sablo-graveleuse, un éventuel dénoyage de cette dernière provoque l'arrêt des remontées capillaires dans le terrain argileux et contribue à sa dessiccation.

Géomorphologie

La topographie constitue un facteur permanent de prédisposition et d'environnement qui peut conditionner la répartition spatiale du phénomène de retrait-gonflement.

La présence d'une pente favorise le ruissellement et le drainage par phénomène gravitaire, tandis qu'une morphologie plate sera d'avantage susceptible de recueillir des eaux stagnantes qui ralentiront la dessiccation du sol. Par ailleurs, un terrain en pente exposé au sud sera plus sensible à l'évaporation du fait de l'ensoleillement, qu'un terrain plat ou exposé différemment. En outre, les formations argileuses et marneuses qui affleurent sur le flanc des vallées peuvent occasionner, localement, un fluage lent du versant et la formation de loupes argileuses. Ce phénomène vient s'ajouter aux désordres consécutifs à la seule dessiccation du sol.

D'autre part, il arrive souvent qu'une maison construite sur un terrain en pente soit plus sujette au problème de retrait-gonflement, en raison d'une dissymétrie des fondations lorsque celles-ci sont ancrées à une cote identique à l'amont et à l'aval. Le bâtiment se trouve alors enterré plus profondément du côté amont. De ce fait, les fondations situées à l'aval, étant en position plus superficielle, seront davantage sensibles aux variations de teneur en eau du sol. Cet effet est même parfois renforcé par une différence de nature du sol situé à la base des formations amont et aval, la couche d'altération superficielle suivant généralement plus ou moins la topographie.

Par ailleurs, les zones de plateau ont pu être soumises à des phénomènes de karstification qui se traduisent par l'existence de cavités karstiques formées aux dépens de formations calcaires et remplies d'argiles sujettes au phénomène de retrait-gonflement.

Compte tenu de ce qui précède, la pertinence de la prise en compte de la morphologie dans le calcul des cartes de susceptibilité au retrait-gonflement des argiles, en préalable à la carte d'aléa, a été étudiée, notamment dans le département du Gers (Norie et al., 2001). Sur la base d'une information altimétrique homogène à l'échelle du département (le MNT IGN au pas de 50 m), l'influence de la morphologie sur la

localisation des dommages a été testée à partir de 3 documents différents, dérivés du MNT :

- une carte des pentes,
- une carte de « courbure de profil », qui permet de différencier la morphologie d'une pente (concave ou convexe),
- une carte de « courbure tangentielle », qui donne une information sur le degré d'encaissement du relief étudié.

Chacune des cartes obtenues a été ensuite superposée à la carte de répartition géographique des sinistres afin de calculer statistiquement la corrélation existant entre ces informations dérivées et les dommages.

Les résultats décevants de cette évaluation n'ont pas conduit à conserver la morphologie comme critère déterminant dans la définition de la susceptibilité au phénomène étudié. Ils ont confirmé par là même la prééminence de la lithologie comme facteur de prédisposition du phénomène de retrait gonflement.

Végétation

Il est avéré que la présence de végétation arborée à proximité d'une maison peut constituer un facteur déclenchant du phénomène de retrait-gonflement, même s'il n'est souvent qu'un facteur aggravant de prédisposition. En effet, les racines soutirent par succion (mécanisme d'osmose) l'eau du sol. Cette succion crée un gradient de la teneur en eau du sol, qui peut se traduire par un tassement localisé du sol autour de l'arbre. Si la distance au bâtiment n'est pas suffisante, cela entraînera des désordres dans les fondations. On considère en général que l'influence d'un arbre adulte se fait sentir jusqu'à une distance égale à une fois ou une fois et demi sa hauteur, mais ceci est variable selon les espèces arborées.

Il est à noter que les racines seront naturellement incitées à se développer en direction de la maison, puisque celle-ci s'oppose à l'évaporation et qu'elle maintient donc une zone de sol plus humide sous sa surface. Contrairement au processus d'évaporation, qui affecte surtout la tranche superficielle des deux premiers mètres, les racines d'arbres peuvent avoir une influence jusqu'à 4 voire 5 m de profondeur. Le phénomène sera d'autant plus important que l'arbre est en pleine croissance et qu'il a, de ce fait, davantage besoin d'eau.

Ainsi, on considère qu'un peuplier ou un saule adulte a besoin de 300 litres d'eau par jour en été (Habib, 1992). En France, les arbres considérés comme les plus dangereux du fait de leur influence sur les phénomènes de retrait seraient les chênes, les peupliers, les saules, les cyprès et les cèdres. Des massifs de buissons ou d'arbustes situés près des façades (et notamment la vigne vierge) peuvent cependant aussi causer des dégâts.

Défauts de construction

Ce facteur de prédisposition, dont l'existence peut être révélée à l'occasion d'une sécheresse exceptionnelle, se traduit par la survenance ou l'aggravation des désordres. L'importance de ce facteur avait déjà été mise en évidence par les études menées en 1990 par l'Agence Qualité Construction et en 1991 par le CEBTP, lesquelles montraient que la plupart des sinistres concernaient des maisons individuelles dépourvues de chaînage horizontal et fondées sur semelles continues peu ou non armées et peu profondes (40 à 80 cm).

L'examen de dossiers d'expertises réalisées après sinistre confirme que de nombreuses maisons déclarées sinistrées présentent des défauts de conception ou de réalisation des fondations (souvent trop superficielles, hétérogènes ou fondées dans des niveaux différents) et il est probable que des fondations réalisées dans les règles de l'art auraient pu, dans de tels cas, suffire à limiter fortement, voire à éviter l'apparition de ces désordres. Cependant, l'examen des dossiers de sinistres montre que des constructions fondées sur semelles ancrées à plus de 0,80 m d'épaisseur ont aussi été affectées par le phénomène. Par ailleurs, il est à noter que les désordres ne se limitent pas aux maisons récentes, mais concernent aussi des bâtiments anciens qui semblaient avoir été épargnés jusque là.

2.1.2. Facteurs de déclenchement

Phénomènes climatiques

Les phénomènes météorologiques exceptionnels constituent le principal facteur de déclenchement du phénomène de retrait-gonflement. Les variations de teneur en eau du sol sont dues à des variations climatiques saisonnières. La profondeur de terrain affectée par les variations saisonnières de teneur en eau ne dépasse guère 1 à 2 m sous nos climats tempérés, mais peut atteindre 3 à 5 m lors d'une sécheresse exceptionnelle, ou dans un environnement défavorable (végétation proche).

Les deux paramètres importants sont les précipitations et l'évapotranspiration. En l'absence de nappe phréatique, ces deux paramètres contrôlent en effet les variations de teneur en eau dans la tranche superficielle des sols. L'évapotranspiration est la somme de l'évaporation (liée aux conditions de température, de vent et d'ensoleillement) et de la transpiration (eau absorbée par la végétation). Ce paramètre est mesuré dans certaines stations météorologiques mais sa répartition spatiale est difficile à appréhender car sa valeur dépend étroitement des conditions locales de végétation. On raisonne en général sur les hauteurs de pluies efficaces qui correspondent aux précipitations diminuées de l'évapotranspiration.

Malheureusement, il est difficile de relier la répartition, dans le temps, des hauteurs de pluies efficaces avec l'évolution des teneurs en eau dans le sol. On observe évidemment qu'après une période de sécheresse prolongée la teneur en eau dans la tranche superficielle de sol a tendance à diminuer, et ceci d'autant plus que cette période se prolonge. On peut établir des bilans hydriques en prenant en compte la

quantité d'eau réellement infiltrée, ce qui suppose d'estimer, non seulement l'évapotranspiration, mais aussi le ruissellement. Mais toute la difficulté est de connaître la réserve utile des sols, c'est-à-dire leur capacité d'emmagasiner de l'eau et de la restituer ensuite (par évaporation ou en la transférant à la végétation par son système racinaire). Le volume de cette réserve utile n'est généralement connu que ponctuellement et l'état de son remplissage ne peut être estimé que moyennant certaines hypothèses (on considère généralement qu'elle est pleine en fin d'hiver), ce qui rend extrêmement délicate toute analyse de ce paramètre à une échelle départementale. Un autre paramètre difficile à estimer de façon systématique est le volume d'eau transféré de la zone non saturée à la nappe phréatique, ainsi que le rythme de ce transfert.

Facteurs anthropiques

Il s'agit de facteurs de déclenchement qui ne sont pas liés à un phénomène climatique, par nature imprévisible, mais à une action humaine. En effet, les travaux d'aménagement, en modifiant la répartition des écoulements superficiels et souterrains, ainsi que les possibilités d'évaporation naturelle, sont susceptibles d'entraîner des modifications dans l'évolution des teneurs en eau de la tranche superficielle de sol. En particulier, des travaux de drainage réalisés à proximité immédiate d'une maison peuvent provoquer des mouvements différentiels du terrain dans le voisinage. Inversement, une fuite dans un réseau enterré ou une infiltration des eaux pluviales en pied de façade peut entraîner un mouvement consécutif à un gonflement des argiles.

Par ailleurs, la présence de sources de chaleur en sous-sol (four ou chaudière) près d'un mur mal isolé peut, dans certains cas, aggraver voire déclencher la dessiccation du sol à proximité et entraîner l'apparition de désordres localisés.

2.2. METHODOLOGIE

La méthodologie de cartographie de l'aléa développée par le BRGM a été mise au point à partir d'études similaires menées d'abord dans le département des Alpes de Haute-Provence (1995-96) et des Deux-Sèvres (1998), puis dans l'Essonne (2000) et en Seine-Saint-Denis (2001). Cette méthodologie a été validée par le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD) et est désormais appliquée dans le cadre d'un programme qui concernera au moins 44 départements français, ce qui permettra d'obtenir des résultats homogènes au niveau national. A ce jour, dans la région Midi-Pyrénées de telles cartes ont déjà été réalisées dans les départements du Gers, de Tarn-et-Garonne et de Haute-Garonne et devraient être engagées dans les départements du Lot et des Hautes Pyrénées courant 2005.

2.2.1. Cartographie des formations argileuses et marneuses

La cartographie des formations argileuses et marneuses du département a été réalisée à partir des cartes géologiques numériques du BRGM et des coupes de forage de la

Banque des données du Sous-Sol (BSS) gérée par le BRGM, complétées et actualisées par quelques données ponctuelles issues des rapports d'expertise de sinistres. Cette cartographie a été réalisée à l'échelle du 1/50 000 (qui correspond donc à l'échelle de validité de la donnée brute). Dans un premier temps, les contours de la carte à l'échelle du 1/80 000 ont été numérisés pour la coupure de Castres, indisponible à l'échelle du 1/50 000. Cette dernière information a toutefois été mise à disposition du projet au cours de l'étude ce qui a permis de l'intégrer dans la cartographie existante pour aboutir à un document plus précis et plus homogène.

Dans une première étape, ont été cartographiées toutes les formations argileuses et marneuses du département, y compris les formations superficielles d'extension locale, pour en dresser un inventaire et synthétiser les différentes cartes géologiques prises en compte. En raison du nombre élevé de ces formations, des regroupements ont été réalisés dans une seconde étape, en considérant que des natures lithologiques voisines laissent supposer des comportements semblables vis à vis du phénomène de retrait-gonflement. Cela a permis d'aboutir à la carte de synthèse des formations argileuses et marneuses.

Remarque : si l'échelle de validité de la donnée brute est le 1/50 000, puisqu'il s'agit de celle des cartes géologiques, celle de la carte des formations argileuses et marneuses est en partie dégradée pour la principale raison suivante : les limites de la carte géologique sont des limites chronologiques qui séparent des ensembles de roches de même âge qui peuvent avoir des compositions différentes. L'exemple le plus représentatif est celui des molasses qui sont composées de séries répétitives de sables et grès, silt, argiles et calcaires superposées, quel que soit leur âge de dépôt (Éocène ou Oligocène). Dans la majorité des cas, ces roches différentes du point de vue de leur susceptibilité au retrait-gonflement sont rassemblées sans distinction dans une même limite chronologique. Même si le travail d'analyse qui est mené au cours de l'étude tend à réduire cet inconvénient, il n'en reste pas moins qu'une certaine incertitude demeure quant au contour exact des affleurements de matériaux argileux.

2.2.2. Caractérisation lithologique, minéralogique et géotechnique des formations

L'étude des formations argileuses et marneuses a amené à qualifier, pour chacune d'entre elles, la proportion de matériau argileux présent dans la formation, ce qui constitue sa caractérisation lithologique.

L'analyse des notices des cartes géologiques a permis parfois de définir les caractéristiques minéralogiques des formations argileuses et marneuses, et en particulier de répertorier la présence et la proportion des minéraux gonflants (smectites, interstratifiés...) dans la fraction argileuse. Ces données ont été complétées par une revue bibliographique et par une vingtaine d'analyses (granulométrie, valeur de bleu et RX) effectuées à l'occasion de l'étude sur des échantillons prélevés de manière à compléter les informations précédentes.

La caractérisation du comportement géotechnique des formations argileuses et marneuses du département a été essentiellement établie sur la base du dépouillement

et de la synthèse de nombreux rapports d'expertise de sinistres réalisés par différents bureaux d'études. Ceux-ci nous ont été transmis soit par les communes, soit par des compagnies ou des experts d'assurance, soit directement par les bureaux d'études qui ont bien voulu nous laisser consulter leurs archives.

Pour des formations géologiques qui s'étendent au delà du département et qui ne sont a priori pas sujettes à des variations latérales de faciès trop importantes, les données ont été complétées par celles recueillies dans le cadre d'études similaires menées dans les départements voisins (Haute-Garonne et Tarn-et-Garonne).

2.2.3. Examen des autres facteurs de prédisposition et de déclenchement

Les facteurs ponctuels de prédisposition ou de déclenchement que sont notamment la végétation arborée, les actions anthropiques ou les défauts de construction, n'ont pas été pris en compte dans la mesure où leur impact est purement local et ne peut être cartographié à une échelle départementale.

L'analyse des conditions météorologiques et de la répartition spatiale des déficits pluviométriques n'est pas apparue comme un élément discriminant à l'échelle d'un département comme le Tarn. Ce critère n'a donc pas été pris en compte dans l'élaboration de la carte départementale de l'aléa.

Le contexte hydrogéologique a fait l'objet d'une analyse spécifique sur la base d'éléments issus des notices de cartes géologiques et de rapports du BRGM sur le sujet. L'influence des nappes est cependant difficile à mettre en évidence à une échelle départementale dans la mesure où elle dépend souvent de conditions très locales. C'est pourquoi, ce critère n'a pas non plus été retenu dans l'élaboration de la carte départementale de l'aléa.

Le facteur géomorphologique n'a pas non plus été pris en compte dans la cartographie, même s'il s'agit d'un élément pouvant conditionner la survenance d'un sinistre, dans la mesure où des défauts de réalisation et de conception de fondations sont plus fréquents sur des terrains en pente et s'ajoutent à de fortes variations de teneur en eau entre l'aval et l'amont de la construction. Ainsi, il a été jugé préférable d'établir la cartographie en partant des contours des formations géologiques plutôt que de se baser sur un découpage en unités géomorphologiques homogènes.

2.2.4. Carte de susceptibilité

En définitive, la carte départementale de susceptibilité au retrait-gonflement a été établie à partir de la carte synthétique des formations argileuses et marneuses du département, après évaluation du degré de sensibilité de ces formations. Les critères utilisés pour établir cette hiérarchisation sont les caractérisations lithologique, minéralogique et géotechnique de ces formations.

2.2.5. Recensement et localisation géographique des sinistres

Afin d'approcher la cartographie de l'aléa retrait-gonflement (qui correspond, rappelons-le, à la probabilité d'occurrence du phénomène), la carte départementale de susceptibilité au retrait-gonflement a été croisée avec la localisation des sinistres qui se sont déjà produits.

Pour ce faire, un recensement des sinistres sécheresse a été effectué auprès des 84 communes du département qui avaient été reconnues en état de catastrophe naturelle au titre des mouvements de terrains différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols lors du démarrage de l'étude en 2003. Ce nombre relativement faible peut s'expliquer par le fait que seules 152 communes, sur les 324 que compte le département, sont occupées totalement par des formations molassiques ou alluviales, les plus susceptibles d'avoir une composante argileuse forte et 56 ne le sont que partiellement. Dans la mesure où les communes concernées sont géographiquement bien réparties dans le domaine des formations argileuses, à l'ouest du département, l'échantillonnage effectué peut donc être considéré comme représentatif de l'occurrence spatiale du phénomène dans le département du Tarn. Ce recensement a ensuite été complété, en juin 2005, par un complément d'enquête auprès des 164 communes reconnues à ce jour en état de catastrophe naturelle sécheresse, suite aux arrêtés du 26 août 2004 et des 11 janvier et 27 mai 2005.

Ces données ont été complétées par celles recueillies directement auprès de la Caisse Centrale de Réassurance, des bureaux d'études (Sol et Eaux et ANTEA, en particulier), de compagnies et d'experts d'assurance (MAIF, MAAF, GROUPAMA, en particulier). Après élimination des doublons (sinistres récurrents sur un même site ou données identiques issues de sources différentes), ce sont finalement 3415 sites de sinistres qui ont pu être recensés et localisés sur les fonds topographiques numériques Scan25 de l'IGN).

2.2.6. Détermination des densités de sinistres

Pour chacun des sinistres recensés, la nature de la formation géologique affectée a été déterminée par superposition avec la carte des formations argileuses et marneuses du département. Ceci a permis de déterminer le nombre de sinistres recensés pour chacune des formations géologiques susceptibles et, par suite, de calculer une densité de sinistres par formation (en pondérant par la surface d'affleurement de chacune des formations, afin d'obtenir des chiffres comparables entre eux).

Dans un souci de rigueur et étant donnée la grande diversité du taux d'urbanisation d'un point à un autre du département, il est apparu nécessaire, conformément à la méthodologie retenue au niveau national, de pondérer ces densités de sinistres en tenant compte du taux d'urbanisation de chacune des formations géologiques. Ce taux a été calculé à partir de la carte des zones urbanisées de Corinne Land-Cover, complétée et actualisée, le cas échéant, par numérisation des contours des zones bâties du département extraits des fonds topographiques numériques Scan25 de l'IGN.

Ainsi, une hiérarchisation des formations géologiques argileuses a été réalisée en fonction du taux de sinistres ramené à 100 km² de formation géologique réellement urbanisée.

2.2.7. Carte d'aléa

La carte départementale d'aléa a été établie à partir des contours de la carte de synthèse des formations argileuses et marneuses : le niveau d'aléa vis à vis du phénomène de retrait-gonflement a été défini en croisant, pour chaque formation argileuse, la note de susceptibilité et la densité de sinistres ramenée à 100 km² de formation argileuse réellement urbanisée, en donnant toutefois un poids deux fois plus important à la susceptibilité. La carte numérique obtenue a une échelle de validité de l'ordre du 1/50 000, compte tenu de l'imprécision liée à la nature des cartes géologiques (cf. remarque 2.2.1). Elle est présentée en carte hors-texte sur support papier, à l'échelle du 1/125 000.

3. Présentation du département du Tarn

3.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE

Le département du Tarn (illustration 2) est situé en bordure orientale de la région Midi-Pyrénées, en limite du Bassin d'Aquitaine et du Massif Central (Montagne Noire). D'une superficie de 5 771 km², il comptait 344 444 habitants estimé en 1999 (INSEE) : la densité de population y est de 59,5 hab./km², soit environ la moitié de la moyenne nationale. Le Tarn est subdivisé en 324 communes, regroupées en 2 arrondissements : Albi (préfecture) et Castres. Ces 2 villes principales, de taille moyenne (49 100 habitants à Albi et 45 400 à Castres) sont les plus importantes mais les centres de Gaillac (vin), Mazamet et Graulhet (mégisserie) et de Carmaux (mines) contribuent à répartir la population, même si, à l'exception de Gaillac et de son vignoble, le déclin ou l'arrêt des autres activités en entraîne localement sa diminution progressive.

La géographie du département est partagée en deux domaines très différents : l'extrémité est du bassin d'Aquitaine (60% du département) qui correspond aux collines molassiques parfois armées par les niveaux calcaires qui occasionnent des reliefs de plateau plus marqués et la limite ouest du Massif Central métamorphique qui révèle un paysage plus montagnard (40% du département) formés de chaînons (monts de Lacaune, Sidobre, Montagne Noire) allant jusqu'à avoisiner les 1300 m d'altitude. Ce relief, qui a souvent obligé les rivières à se frayer un passage en creusant de profondes gorges, se mue plus en aval en une zone de collines qui assure la transition avec la plaine aquitaine.

Ces deux entités se distinguent par l'occupation du sol qui est plutôt agricole sur les formations molassiques (polyculture et vignes) et plutôt forestière sur les contreforts du Massif Central. Ce schéma général est en réalité plus complexe puisque la première concentre les activités industrielles anciennes (mégisserie) et nouvelles (laboratoires) et la seconde comprend également des activités agricoles (élevage) et industrielles (extraction de granite dans le Sidobre.)

Les terres agricoles constituent environ 70% de la superficie du département, tandis que les bois et forêts en occupent 27%.

Le Tarn, tributaire de la Garonne, et ses affluents l'Agout et le Dadou, traversent tout le département par trois larges vallées.

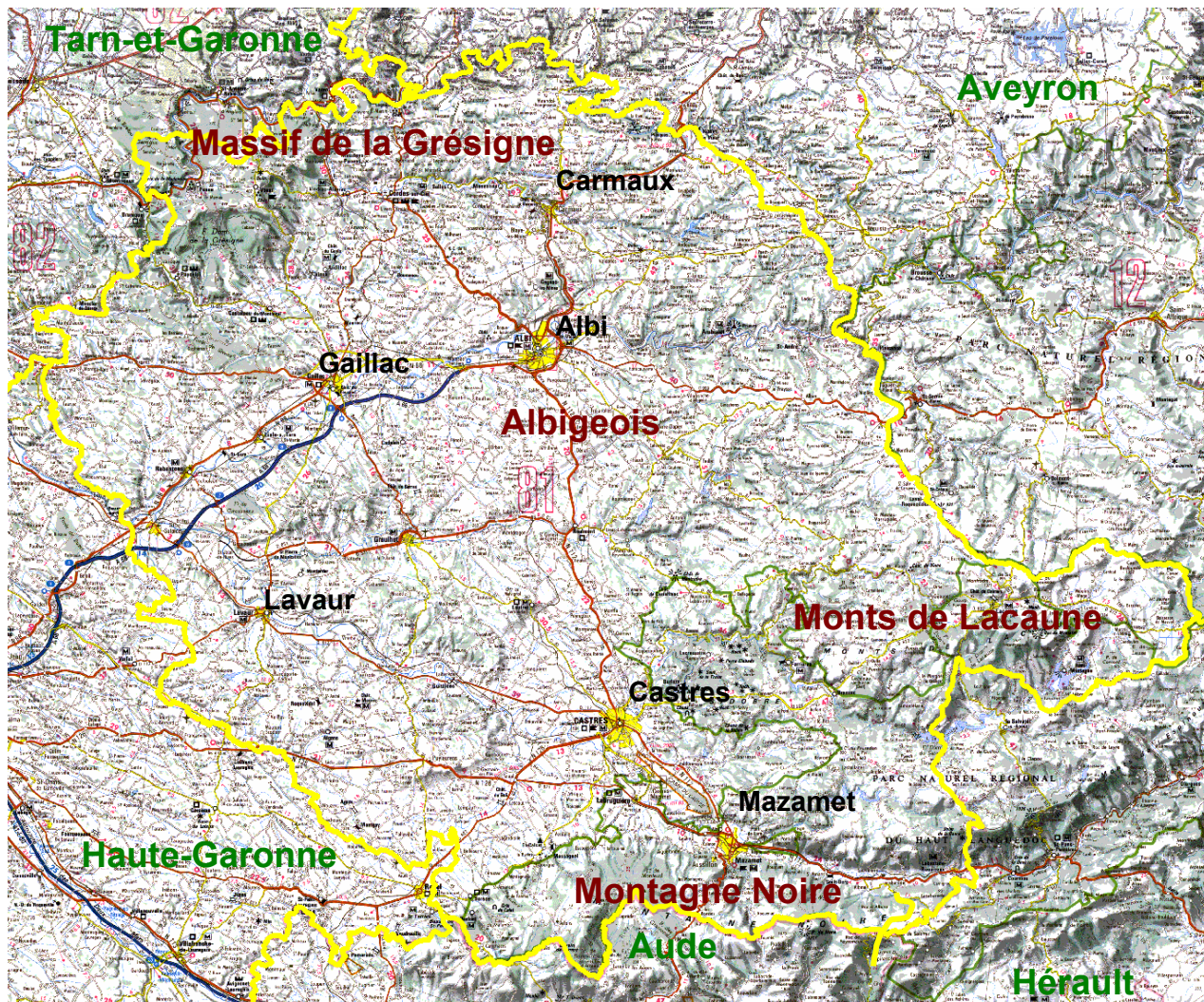


Illustration 2 – Carte de présentation du Tarn (extrait de carte IGN 1/250 000)

3.2. CONTEXTE CLIMATIQUE

La géographie du département lui confère une certaine originalité climatique : le Tarn est ouvert vers l'ouest mais barré au sud par la Montagne Noire, à l'est par les Monts de Lacaune et d'Alban et au nord par un plateau de basse altitude : le Ségala. Ainsi le Tarn s'inscrit dans la partie orientale du climat océanique qui affecte le bassin d'Aquitaine mais la proximité du relief, d'une part, et de la Méditerranée, d'autre part, lui apporte deux variantes aboutissant aux trois domaines suivants :

- une influence océanique dominante, marquée par des pluies d'hiver et de printemps, par la dominance de vents d'ouest, sur le nord du département en particulier, et par des températures relativement douces. A Albi, le cumul annuel de précipitation est en moyenne de 760 mm et la température moyenne de 13°C
- une influence montagnarde, ressentie surtout dans l'est du département. Elle se caractérise par l'augmentation sensible des quantités de pluie sur les contreforts du Massif Central, par la baisse des températures moyennes et par une insolation réduite. A Lacaune, en moyenne, il tombe annuellement 1410 millimètres de pluie et la température moyenne est de 9,5°C, avec un minimum enregistré de -22,5°C.
- une influence méditerranéenne qui explique la sécheresse et les fortes températures estivales, qui font du Tarn un des endroits les plus chauds de France durant les mois d'été. Mais en hiver, les pluies " cévenoles " arrosent abondamment les versants sud du relief tarnais et provoquent les crues redoutables du Tarn et de l'Agout. On a relevé jusqu'à 355 millimètres d'eau en 24 heures à Rouairoux, dans la vallée de Thoré, et 416 à Burlats, près de Castres.

4. Identification et cartographie des formations géologiques argileuses et marneuses

4.1. DOCUMENTS ET METHODOLOGIE UTILISES

4.1.1. Documents utilisés

L'objectif visé est de disposer d'une carte des formations géologiques argileuses et marneuses du département du Tarn, afin d'identifier les zones de susceptibilité au retrait-gonflement.

Ce travail a été réalisé à partir des 19 cartes géologiques à l'échelle du 1/50 000 couvrant tout ou partie du département.

Ces cartes sont les suivantes, du NO au SE (illustration 3) :

- Caussade (905)
- Najac (906)
- Naucelle (907)
- Nègrepelisse (931)
- Albi (932)
- Carmaux (933)
- Réquista (934)
- Villemur (957)
- Gaillac (958)
- Réalmont (959)
- St Sernin (960)
- Toulouse Est (984)
- Lavaur (985)

- Castres (986)
- Lacaune (987)
- Bédarioux (988)
- Revel (1011)
- Mazamet (1012)
- Saint Pons (1013)

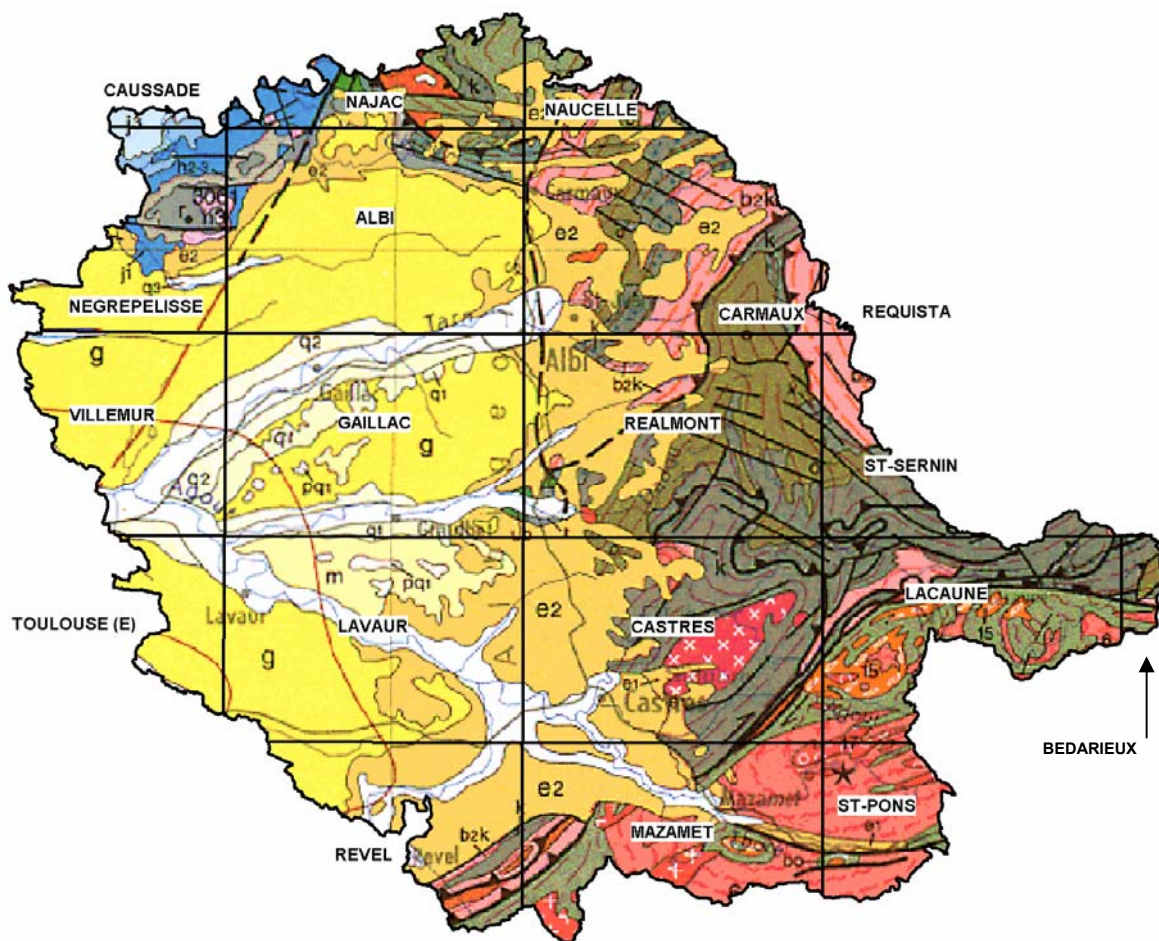


Illustration 3 – Assemblage des cartes géologiques à 1/50 000 du Tarn sur fond de carte géologique de la France à l'échelle du 1/1 000 000

Au début du projet toutefois, la feuille de Castres n'était pas encore terminée à l'échelle du 1/50 000, ce qui avait obligé à utiliser les contours imprécis de l'ancienne carte à

l'échelle du 1/80 000. Les nouveaux contours de cette coupure ayant été rendus disponibles en mode vecteur en mai 2005, il a été décidé d'intégrer cette information à la base Map-Info malgré l'important travail d'harmonisation que cela imposait. La précision et l'homogénéité de la carte finale des formations argileuses et marneuses en est bien meilleure. Un exemple de l'apport de ces nouvelles données peut être noté au niveau de la ville de Castres : la présence de formations sensibles au retrait-gonflement (Argiles et argiles palustres) apparaissent ainsi et viennent mieux justifier de nombreux dommages.

Ce travail supplémentaire a fait l'objet d'un avenant, passé avec la Préfecture du Tarn, lequel prévoit une augmentation de la durée du projet de sept mois. Le délai complémentaire ainsi accordé a été mis à profit pour réaliser le recensement complémentaire des dommages ayant affecté les communes à l'issue de la canicule de l'été 2003, comme cela a été évoqué précédemment.

Dans un premier temps, une carte géologique de synthèse a été réalisée, afin d'harmoniser, dans une certaine mesure, l'information délivrée par les 19 coupures géologiques à l'échelle du 1/50 000 couvrant le département du Tarn, ce qui a impliqué de nombreuses modifications aux limites de certaines cartes. En effet, les cartes géologiques, réalisées à des époques différentes, ne se raccordent pas toujours et présentent souvent une nomenclature lithostratigraphique distincte d'une carte à l'autre¹. Ces modifications ont été appuyées sur plusieurs sources d'information :

- la lecture détaillée des notices des cartes géologiques qui permettent de valider telle modification de limite ou association de faciès. Y sont en particulier notées les épaisseurs et la géométrie des niveaux argileux lorsqu'elles sont signalées. Ce travail est fondamental dans le cadre de cette étude qui ne comprend pas de travaux de terrain (exemple : annexe 6),
- des informations extraites de la Banque des données du Sous-Sol ou réunies à l'occasion du présent travail (publications, rapports, sondages, etc),
- des consultations d'experts,
- des analyses géomorphologiques finales qui guident le trait.

En tout état de cause, ces modifications sont restées relativement limitées, et n'ont pu bénéficier de contrôles systématiques sur le terrain.

¹ L'harmonisation précise des cartes géologiques exige un travail dont l'ampleur sort des limites de la présente étude. Dans le cadre de sa mission nationale de service public, le BRGM réalise ces travaux, pour chaque département, au fur et à mesure de l'achèvement des levés et de la vectorisation de l'information géologique.

Le traitement d'harmonisation entre les cartes couvrant le département a été réalisé sur la base de la synthèse de toutes les formations géologiques, après rassemblement des formations identiques et regroupement des formations de composition lithologique très voisines, et mise en place d'un système d'indexage commun. Par exemple, les alluvions ont été regroupées en différents grands ensembles, suivant leur composition lithologique équivalente au regard de la problématique retrait-gonflement. La perte d'information qui résulte des regroupements ainsi effectués est certes sensible au niveau des processus de mise en place et de l'âge des formations, mais elle est négligeable pour l'objectif visé, les matériaux concernés étant très proches.

4.1.2. Méthode de réalisation de la carte des formations argileuses et marneuses

Une sélection des niveaux distingués dans la carte géologique synthétique a été réalisée en ne retenant que les formations qui contiennent des minéraux argileux en quantité notable. Pour une telle tâche, la lecture détaillée des notices des cartes est, une nouvelle fois, un élément déterminant. 15 niveaux ont ainsi été distingués, d'après leur contenu plus ou moins important en argile, étant entendu que ces formations sont par nature hétérogènes : les formations les plus importantes en surface d'affleurement sont en effet les molasses, accumulation de matériel détritique, résultat de la décomposition de la Chaîne des Pyrénées et du Massif Central rajeuni au Tertiaire, intercalé avec les niveaux calcaires déposés lors d'épisodes lacustres.

L'hétérogénéité de ces formations est bien sûr prise en considération lors de la caractérisation de leur susceptibilité vis à vis du retrait-gonflement, notamment dans la note lithologique.

4.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL

Un extrait de la carte géologique de la France à 1/1 000 000 est présenté sur l'illustration 3. Le département du Tarn est situé en limite sud-orientale du Bassin d'Aquitaine, au contact avec les formations métamorphiques et plutoniques anciennes de la terminaison sud-ouest du Massif Central, incluant le nord de la Montagne Noire.

La géologie qui résulte de cette disposition se traduit, pour le département du Tarn par la présence des grands ensembles lithologiques suivants :

- en limite nord, est et sud, des formations de roches consolidées, correspondant successivement aux formations sédimentaires calcaires du Quercy et aux formations métamorphiques et magmatiques du Massif Central et de la Montagne Noire,
- sur les deux tiers ouest du département, des formations de roches non-consolidées, essentiellement représentées par les formations sédimentaires des molasses déjà évoquées ci-dessus.

Une partie de ces terrains est recouverte par des formations non-consolidées récentes comme des éboulis, des colluvions, des éluvions, des altérations résiduelles et,

surtout, des alluvions diverses dans les plaines du Tarn, de l'Agout et du Thoré en particulier. Enfin, des limons peuvent recouvrir localement les plaines alluviales.

4.2.1. Les roches consolidées

Les roches consolidées correspondent pour l'essentiel à des matériaux anciens, métamorphiques et plutoniques.

Roches métamorphiques

Ces roches correspondent à des matériaux anciens (Paléozoïque) qui ont été métamorphisés lors de l'orogénèse hercynienne. Ainsi, des schistes, des micaschistes, des gneiss et des marbres constituent l'essentiel des matériaux présents au nord, à l'est et au sud du Tarn. Ces roches sont toutes consolidées mais il faut noter qu'elles sont localement recouvertes de formations d'altération dont la composante argileuse peut être à considérer dans une optique d'aménagement.

Roches magmatiques

Ces roches se rencontrent plutôt au sud et au sud-est du département. Elles correspondent à des roches plutoniques, volcaniques et filoniennes syn- à tardihercynien. Il s'agit principalement de granites et granodiorites (granite du Sidobre, d'Anglès...).

Roches calcaires

A ces matériaux anciens s'ajoutent en limite nord-ouest du département les roches calcaires et marno-calcaires du Bas Quercy, d'âge jurassique ainsi que toutes les formations calcaires présentes dans les molasses où elles peuvent être responsables de certains reliefs (par exemple, Lautrec, causses des calcaires de Castres, etc)

4.2.2. Les roches non consolidées

A ces matériaux globalement compacts et homogènes succèdent vers l'ouest des matériaux peu consolidés qui résultent de l'érosion de la Chaîne Pyrénéenne et du Massif Central et qui se sont déposés en milieu continental, en régime souvent torrentiel. De ce fait ils sont pour la plupart hétérogènes et leur cartographie, comme celle de leurs propriétés physiques, est toujours délicate et d'une précision relative.

Ces formations tertiaires occupent les deux tiers du territoire du département. Elles correspondent pour l'essentiel aux **molasses** qui peuvent atteindre plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Ces formations, datées du Pliocène et de l'Oligocène supérieur sont constituées de séquences successives de matériaux gréseux, argilo-silteux et calcaires, déposés en environnement continental. Du fait de la présence d'argile, ces formations présentent une susceptibilité potentielle au retrait-gonflement.

Surmontant les molasses, les **formations quaternaires**, qui constituent les dépôts les plus récents, sont essentiellement présentes dans les deux tiers ouest du département où elle accompagnent les vallées des principaux cours d'eau (Tarn, Agout, Dadou). Elles sont représentées par les différentes terrasses et alluvions anciennes et actuelles des rivières et forment des matériaux dont la composition est principalement sablo-graveleuse. Deux exceptions toutefois sont à signaler :

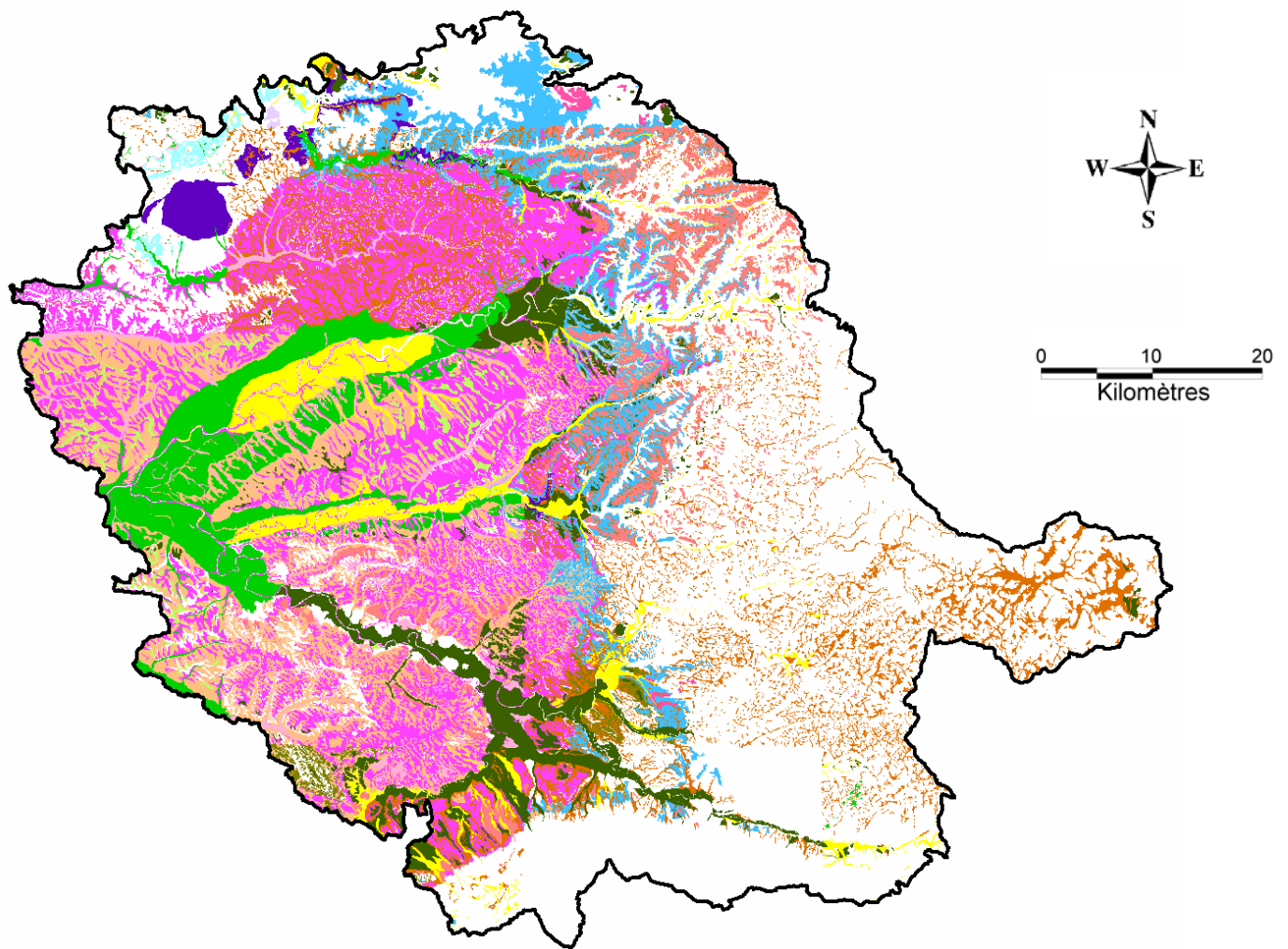
- les alluvions récentes des rivières qui coulent entièrement en domaine molassique, sont composées le plus souvent des matériaux fins contenus dans ces formations. Elles ont donc une composante argileuse marquée,
- les alluvions récentes du Tarn, du Dadou et de l'Agout qui peuvent être recouvertes par une couverture limono-argileuse d'épaisseur plurimétrique.

4.3. LITHOSTRATIGRAPHIE DES FORMATIONS ARGILEUSES ET MARNEUSES

Le tableau de l'illustration 4 fait la synthèse des formations à composante argileuse ou marneuse retenues dans le Tarn qui sont au nombre de 15 et dont l'extension géographique est représentée sur la carte synthétique des formations argileuses et marneuses du département (illustration 5 et carte hors texte 1, à l'échelle 1/125 000). Elles se répartissent en quatre groupes : les formations superficielles, les formations du substratum tertiaire, les formations du substratum jurassique et triasique et les formations du substratum paléozoïque.

N°	Formation argileuse	Age	Superficie (km²)	% de la surface totale
<i>Formations superficielles quaternaires</i>				
1	Formations solifluées	Quaternaire	531,20	9,20
2	Colluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses	Quaternaire	481,00	8,33
3	Formation résiduelles argilo-limono-sableuses	Quaternaire	47,70	0,83
4	Limons sur alluvions	Quaternaire	309,10	5,36
5	Alluvions graveleuses récentes	Quaternaire	200,40	3,47
6	Alluvions tributaires de la molasses	Quaternaire	101,20	1,75
7	Alluvions graveleuses anciennes	Quaternaire	261,50	4,53
8	Glacis et paliers d'érosion	Quaternaire	198,40	3,44
9	Manteau d'altération argileuse	Quaternaire	16,30	0,28
<i>Formations du substratum tertiaire</i>				
10	Molasses	Éocène-Oligocène	880,00	15,25
11	Argiles et argiles palustres	Éocène-Oligocène	31,90	0,55
12	Argiles à graviers	Éocène	295,60	5,12
<i>Formations du substratum jurassique et triasique</i>				
13	Marnes et marno-calcaires	Lias	21,70	0,38
14	Argiles bariolées	Trias	2,00	0,03
<i>Formations du substratum paléozoïque</i>				
15	Argilites et pélites gréseuses	Carbonifère-Permien	56,00	0,97
Total formations argileuses			3434	59,5
Réseau hydrographique			29	0,5
Formations non argileuses			2308	40,0
Total département			5771	100,0

Illustration 4 – Liste des formations argileuses et marneuses du Tarn



Légende

- Formations solifluées
- Colluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses
- Formations résiduelles argilo-limono-sableuses
- Limons sur alluvions
- Alluvions graveleuses récentes
- Alluvions tributaires de la molasse
- Alluvions graveleuses anciennes
- Glacis et palier d'érosion
- Manteau d'altération argileuse
- Molasses
- Argiles et argiles palustres
- Argiles à graviers
- Marnes et marno-calcaires
- Argiles bariolées
- Argilites et pélites gréseuses

Illustration 5 - Carte des formations argileuses et marneuses du département du Tarn

4.3.1. Les formations superficielles du Quaternaire

Formations solifluées

Ces formations se situent sur les pentes faibles des coteaux molassiques et en bordure de terrasse alluviale, dans la partie sud-ouest du département. Elles sont constituées d'argile et de sable provenant du remaniement des molasses ou de dépôts alluviaux et subissent des déplacements par écoulements lents lorsqu'elles sont gorgées d'eau. Elles n'ont pas de notation spécifique, si ce n'est parfois Fs, Fg et e-gRc, mais le phénomène de solifluxion est en général mentionné dans la notice des cartes géologiques.

Colluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses

Elles se trouvent, comme les précédentes, sur les pentes des coteaux molassiques et surtout en bas de pente. Elles recouvrent en effet souvent les fonds de vallons des cours d'eau secondaires (feuilles de Revel, Albi, et Réalmont) et se retrouvent parfois sur les formations métamorphiques.

Elles masquent souvent la limite Tertiaire/Quaternaire et peuvent atteindre plusieurs mètres d'épaisseur. Elles sont constituées d'argile à éléments sableux à graveleux, dont la nature dépend du substratum, et ont également subi un faible transport.

Sur les cartes géologiques, ces formations sont notées C, CE et CF.

Formations résiduelles argilo-limono-sableuses

Au niveau des plates-formes structurales, des replats des pentes douces et des parties horizontales des interfluves, le substratum molassique s'est altéré sur place pour donner une formation d'un à deux mètres d'épaisseur. Sa nature est argileuse, limoneuse et sableuse, plus ou moins décalcifiée. Ces formations affleurent sur les feuilles de Gaillac, de Villemur et de Toulouse (Est) où elles sont notées e-gRA, e-gRe, gRép, gRé et m-gRe.

Limons sur alluvions

Cette formation correspond à des alluvions anciennes ou récentes formées d'une couche de plusieurs mètres d'épaisseur de cailloux, graviers ou sable argileux rubéfié sur lesquelles se sont déposés 1 à 6 m de limons d'inondation argileux très décalcifiés et constants en surface. Elle est donc distinguée des autres alluvions du fait que cette couche supérieure aux caractéristiques différentes est suffisamment épaisse pour qu'elle soit seule responsable de sinistres éventuels. L'épaisseur des alluvions supportant les limons peut varier de 1 à 15 m.

Sur le département, ces formations affleurent principalement au centre et à l'ouest, dans les vallées du Tarn, du Dadou et de l'Agout et sont notées F_X, F_X-C, F_Y et F_Z sur les cartes géologiques.

Alluvions graveleuses récentes

Les alluvions graveleuses récentes, d'âge würmien à actuel, sont des matériaux détritiques en provenance du Massif Central et aussi, pour partie, de la Montagne Noire. C'est un mélange grossier, hétérogène, de sables, graviers et galets, enrobés dans une matrice argileuse, parfois tourbeuse et difficile à distinguer de colmatages colluviaux dans les vallées des cours d'eau secondaires.

Ces alluvions se rencontrent essentiellement le long du Tarn et du Dadou sur la feuille de Gaillac : il s'agit des alluvions actuelles des lits majeurs notées F_Z et F_Y .

Alluvions tributaires de la molasse

Les alluvions tributaires de la molasse sont les formations qui, par leur position géographique, n'ont pu être alimentées que par la molasse environnante, et devraient donc avoir un comportement géotechnique équivalent. Elles sont, la plupart du temps, composées d'argile limoneuse plus ou moins sableuse accompagnée de quelques rares graviers et galets.

Sur les cartes géologiques, ces alluvions matérialisent les principaux cours d'eau secondaires qui s'écoulent sur le substratum molassique. Ce sont les alluvions actuelles des cours d'eau secondaires (notées F_Z et F_Y) que l'on trouve au centre, à l'ouest et au sud du département.

Alluvions graveleuses anciennes

Les alluvions graveleuses anciennes (Günzien à Würmien) sont des dépôts qui proviennent non seulement du Massif Central et de la Montagne Noire mais encore du remaniement des argiles à graviers. Elles sont composées de galets, de graviers et de sables dans une gangue argileuse parfois rubéfiée et sont assez altérées.

Elles affleurent essentiellement dans la vallée du Tarn, en particulier à Albi et ses environs, et dans celles du Thoré et de l'Agout où elles disparaissent à la hauteur de Lavaur, en aval.

Elles correspondent aux alluvions des hautes et moyennes terrasses, des basses plaines et des épandages fluviaux des plateaux. Elles sont notées p , F_p , F_V , F_W , F_X , F_Y et a^1 sur les cartes géologiques.

Glacis et paliers d'érosion

Sur les cartes géologiques, ces formations sont mentionnées principalement dans la partie nord-est du Tarn. Elles correspondent à l'altération des argiles à graviers qui reposent directement sur le substratum métamorphique et sont composées de débris schisteux et quartzeux résiduels des paléo-vallées, emballés dans une matrice argilo-sableuse ou argilo-graveleuse.

Dans le reste du département (feuilles de Lavaur et de Revel), ces glacis rissiens proviennent de matériaux alluvionnaires. Leur composition est variable suivant le

bassin d'alimentation mais ils ont tous une matrice argilo-sableuse et sont notés P_{γ} ou $F_{\chi a}$.

Manteau d'altération argileuse

Ces niveaux peuvent provenir de l'altération de différents type de roches : le socle cristallophyllien, les argiles à graviers (pour la partie nord est du département), et certains calcaires ou grès carbonatés (au nord-ouest du département : altérites de Sivens et de la Janade). Ils correspondent à des altérites d'une épaisseur de 1 à 15 mètres que l'on trouve au nord et nord-ouest sur les feuilles Naucelle et Nègrepelisse sous les notations A, AR, AF et Ag.

Ces altérites sont des argiles sableuses rubéfiées, ferralitiques et parfois riches en kaolinite.

4.3.2. Les formations du substratum tertiaire (Éocène et Oligocène)

Molasses

Les molasses sont des produits du démantèlement de la chaîne pyrénéenne et du Massif Central. Elles sont représentées par un empilement de séquences sédimentaires continentales détritiques plus ou moins complètes qui forment un ensemble de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Ces séquences sont généralement graveleuses ou sableuses à la base, puis silteuses, argileuses et enfin calcaires. La granulométrie de la molasse varie donc du gravier à l'argile mais la phase argileuse (inférieure à 2 μm) représente en moyenne 35% du dépôt. Des traces de pédogenèse peuvent exister au sommet, ainsi que de l'argile d'altération ou de néoformation, parfois sur plusieurs mètres d'épaisseur. Les passées graveleuses ou gréseuses sont caractéristiques d'anciens chenaux.

La sédimentation a été réalisée dans un milieu fluvial soumis à des variations de débit hydrodynamique déterminant des figures sédimentaires de type laminations obliques, érosion chenalantes ou laminations sub-horizontales. Mais les conditions de dépôts de type plaine d'inondation peuvent aussi privilégier les décantations argileuses carbonatées qui s'imbriquent aux niveaux grés-silteux en passages continus, ne montrant pas de limites nettes (passages latéraux de faciès).

Les séquences molassiques ne sont pas représentées sur les cartes géologiques, à part quelques bancs calcaires épais, et sont regroupées sous le terme de molasse. Ainsi, le manque de précision des cartes géologiques entraîne le regroupement, dans une même unité lithologique de la carte de synthèse, des faciès pourtant très différents. Cette formation renferme une superposition de séquences débutant à l'Éocène moyen (Bartonien) et se terminant à l'Oligocène supérieur (Stampien). Ces formations molassiques affleurent largement dans le département du Tarn puisqu'elles sont présentes sur 11 des 20 cartes géologiques, où elles sont notées e_6 , e_7 , g_1 , g_2 .

Argiles et argiles palustres

Ces argiles sont surtout présentes sur la feuille de Revel et localement sur celles de Mazamet et de Saint Pons. Elles ne sont pas très étendues mais suffisamment importantes pour qu'elles soient individualisées en une unité lithologique distincte des molasses. Ces faciès argileux sont attribués à des milieux palustres de plaine d'inondation où viennent se décanter les produits argileux hérités du lessivage d'altérites.

Cette unité, dite argiles de Saint Papoul, correspond en majorité à des argiles rouges, violacées, vertes ou blanchâtres, distribuées selon trois épaisseurs couches d'argiles palustres. La première, d'une puissance de plus de 50 m, correspond à un empilement de niveaux multicolores et les autres, épaisses de 10 à 20 m, sont associées à de petites intercalations de calcaires lacustres et palustres ou de grès conglomératiques. Elles sont notées e₃₋₄, e_{4-5bR}, e_{4-5P}, e_{7A}, g_{1A} et g_{1M} sur les cartes géologiques.

Argiles à graviers

Cette unité lithologique constitue le premier dépôt tertiaire sur la limite ouest du Massif Central (Éocène), équivalent des Poudingues de Palassou pyrénéens. Elle repose donc sur les formations paléozoïques métamorphiques et se trouve à la base des molasses.

Ces argiles, d'une épaisseur allant jusqu'à 20 m, sont constituées de débris de schistes et de quartz noyés dans une matrice argilo-silteuse à argileuse rouge.

On les trouve au nord, au centre et au sud du département sous les notations eG, e_{4-5b}, e_{6C}, e_{6a-b} et e_{6-g1}.

4.3.3. Les formations du substratum jurassique et triasique

Marnes et marno-calcaires

Les formations marneuses et marno-calcaires liasiques rencontrées sont localisées au nord-ouest du département. Elles ont une puissance de plusieurs dizaines de mètres chacune (jusqu'à 80 m) et contiennent assez d'argiles pour constituer un risque potentiel. La présence d'argile est confirmée par l'occurrence de nombreux glissements. Elles correspondent aux formations de Penne et de Lexos, de Valeyres, du Malet, etc.

Elles peuvent être de composition sableuses, micacées ou ferrugineuses et de couleur variables grise, noire, rouge ou verte.

En général fossilifères, elles sont notées l_{1M}, l_{3V}, l_{4P-L}, l₅, l_{6a} et l₇ sur les cartes géologiques.

Argiles bariolées

Le complexe d'argiles bariolées (verte à rouge – lie-de-vin), de grès, de cargneules ocre, de brèches, de calcaire dolomitique et d'évaporites (gypse et anhydrite) du Keuper est à dominante argileuse. Cette formation a joué un rôle déterminant dans la tectonique pyrénéenne en permettant le décollement et le chevauchement des unités structurales. Elle affleure au nord-ouest du Tarn et est notée t_s ou $t-l_1$ sur les cartes géologiques.

4.3.4. Les formations du substratum paléozoïque

Argilites et pélites gréseuses

Cette classe correspond à des formations à dominante argileuse datées de la fin de l'ère primaire (Carbonifère et Permien). Il s'agit d'argilites rouges, de pélites gréseuses feuilletées mais assez tendres. Elles ont parfois été indurées par compactage mais, après altération, peuvent être à l'origine de désordres.

Elles affleurent au nord et nord-ouest du département. Elles y constituent le dôme de la Grésigne où leur épaisseur peut dépasser les 200 mètres (jusqu'à 300 et même 500 m sur la feuille de Najac). Elles sont notées h_5 , r , r_2 , r_3 sur les cartes géologiques.

4.4. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE REGIONAL

L'abaissement du niveau des nappes aquifères en période de sécheresse ou, au contraire, son élévation en période de précipitation peut éventuellement aggraver les modifications de teneurs en eau (dessiccation ou imbibition) dans certaines formations géologiques argileuses et marneuses, et contribuer ainsi au déclenchement de mouvements de terrains différentiels.

Dans un premier temps, nous décrirons pour chaque système aquifère (SA) les possibilités d'influence des nappes sur les mouvements de terrain et, dans un deuxième temps, nous ferons la synthèse des SA décrits dans le département du Tarn.

4.4.1. Référentiel Hydrogéologique

Les systèmes aquifères (SA) du territoire français sont répertoriés dans une base géoréférencée nommée Référentiel Hydrogéologique de la France (RHF). Les SA du Tarn sont regroupés dans l'illustration 6.

N° SA	NOM SYSTEME AQUIFERE	ETAT	DESCRIPTION SOMMAIRE
123	LIMOGNE	Libre	Aquifère karstique du Jurassique moyen et supérieur (Causse de Limogne) entre Lot et Aveyron
339	GARONNE RIVE DROITE	Libre	Aquifère alluvial de la rive droite de la Garonne et de l'Hers. Il s'étend de Villefranche de Lauragais sur l'Hers à Grisolles sur la Garonne.
340	TARN ET AGOUT et affluents en amont de Montauban	Libre	Aquifère alluvial quaternaire du Tarn et de ses affluents, l'Agout et le Dadou
558a	MASSIF CENTRAL SUD / MONTAGNE NOIRE-ESPINOUSE	Libre	Domaine correspondant au socle et aux formations primaires de la Montagne Noire et des Monts de Lacaune (à rapprocher du SA n°609)
559b	FIGEAC TERRASON / SUD	Libre	Terrains liasiques bordant, à l'est, le Périgord, le Quercy et le Rouergue
609	MASSIF CENTRAL SUD / ROUERGUE-ALBIGEOIS	Libre ou captif	Domaine correspondant au socle et aux formations primaires du Rouergue et de l'Albigeois (à rapprocher du SA n°558a)
214	AQUIFERE PROFOND NORD-PYRENEEN	Captif	Grand système aquifère captif dont l'extension recouvre la quasi-totalité du Bassin Aquitain d'âge éocène et secondaire.
561	ALBIGEOIS ET TOULOUSAIN (bordure est de l'Aquitaine)	Captif	Domaine sans grand aquifère individualisé, constitué par des formations sédimentaires tertiaires

N.B. : Les lignes en grisé sont des aquifères profonds, sans influence sur les formations superficielles

Illustration 6 – Caractéristiques des systèmes aquifères (SA) du RHF dans le Tarn..

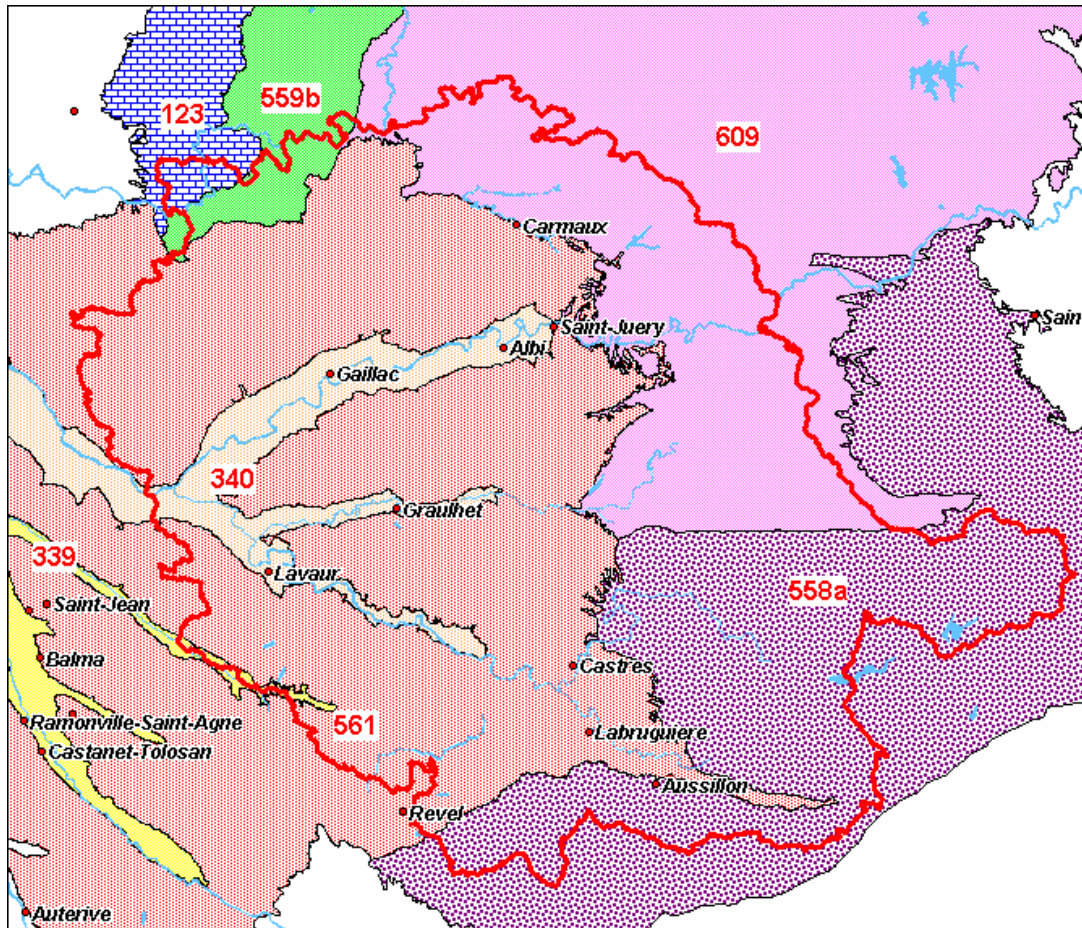
Les dernières lignes de ce tableau (en grisé) correspondent au grand aquifère profond captif du sud du bassin aquitain. Les zones d'affleurement de ces formations sont particulièrement développées dans le département du Tarn et constituent la principale aire d'alimentation des sables infra-molassiques. Des aquifères karstiques se développent ainsi dans les formations lutétiennes, ou calcaires de Castres, localisés dans le triangle formé par les villes de Castres, Mazamet et Revel. Sous ces formations, existe un second ensemble aquifère, de nature captive, développé dans les niveaux sablo-graveleux inclus dans les argiles à graviers de l'Éocène inférieur. Ces aquifères ont assez peu d'influence sur le retrait-gonflement des argiles superficielles.

Les SA superficiels, susceptibles de jouer un rôle, sont les SA des lignes non grisées de l'illustration 6 (leurs contours sont montrés sur la carte de l'illustration 7) :

- Les SA 339 et 340 sont des aquifères alluviaux (plaines du Tarn et de l'Agout) dont les niveaux piézométriques souvent très superficiels peuvent être soumis à des fluctuations importantes. Ces deux caractéristiques traduisent un risque fort de variation d'imbibition des formations superficielles par battement de nappe. Des indicateurs de ces possibilités sont donnés dans le tableau de l'illustration 8 dans lequel :
 - l'épaisseur saturée est la différence d'altitude entre la base des alluvions et la surface piézométrique moyenne,
 - l'épaisseur non saturée est la différence d'altitude entre la surface du sol et la surface piézométrique moyenne,
 - la fluctuation est la différence d'altitude entre le plus haut et le plus bas niveau piézométrique au cours d'un cycle hydrologique moyen,
 - le « niveau haut » moyen est la profondeur par rapport au sol du niveau piézométrique le plus haut observé au cours d'un cycle hydrologique moyen. Plus cette profondeur sera faible, et plus le risque de mouvement de sol par retrait sera faible.

Toutes les valeurs de l'illustration 8 ne sont qu'indicatives, car leur variabilité spatiale et interannuelle peut être forte.

- Dans le SA 561, il n'y pas de « grand aquifère individualisé ». Ce système correspond à un amalgame de plusieurs petits aquifères. Cette zone regroupe différents faciès géologiques : molasses, calcaires, argiles et glaises bigarrées, colluvions argileuses et alluvions tributaires de la molasse. Parmi ces formations, certaines peuvent abriter des aquifères discontinus et de taille réduite. Des mouvements de nappe peuvent exister localement, mais les faibles perméabilités réduisent les possibilités de fluctuation piézométrique.



N.B. : Les chiffres sont les codes des SA dont les caractéristiques figurent dans l'illustration 6

Illustration 7 – Carte schématique des systèmes aquifères du RHF du Tarn

Caractéristiques des aquifères alluviaux				
code du SA	épaisseur saturée* moyenne (m)	épaisseur non saturée** moyenne (m)	fluctuation*** annuelle moyenne (m)	profondeur du « niveau haut » moyen (m)
123	?	?	?	?
339	3	1	1,5	0,75
340	2	2	1	1,5

Illustration 8 - Systèmes aquifères alluviaux du Tarn (valeurs indicatives).

*épaisseur saturée : différence d'altitude entre la base des alluvions et la surface piézométrique.

**épaisseur non saturée : différence d'altitude entre la surface du sol et la surface piézométrique,

***fluctuation : différence d'altitude entre le plus haut et le plus bas niveau au cours d'un cycle hydrologique.

- Le SA 559b comprend deux aquifères karstifiés développés dans les calcaires du Lias inférieur et du Domérien. Libres sur leur partie orientale, ces aquifères deviennent captifs vers l'ouest et le sud-ouest par enfoncement sous l'Aalénien et le Kimméridgien supérieur. Les profondeurs du niveau piézométrique y sont très variables et les nappes discontinues : des fluctuations du niveau piézométrique peuvent donc exister localement.
- Dans les SA 558a et 609, on retrouve les formations primaires de la Montagne Noire. Ces SA, dont la lithologie est très variée et la tectonisation importante (plissements, failles), ne regroupent pas de grands aquifères individualisés. Les nappes qu'ils contiennent ont des caractéristiques très variables, d'un aquifère à l'autre, mais aussi au sein d'un même aquifère : les profondeurs du niveau piézométrique sont très variables et les nappes discontinues (dans le cas des calcaires karstifiés notamment). Des fluctuations du niveau piézométrique peuvent donc exister localement.

4.4.2. Synthèse

En résumé, il apparaît que ce sont principalement les aquifères liés aux formations alluviales qui sont susceptibles de jouer un rôle, en raison de leur faible profondeur et des possibilités de fluctuations importantes de leur niveau piézométrique. Les aquifères des formations de socle peuvent également jouer un rôle, mais très localement.

5. Caractérisations lithologique, minéralogique et géotechnique des formations argileuses et marneuses et élaboration de la carte de susceptibilité

5.1. GENERALITES SUR L'ELABORATION DE LA CARTE DE SUSCEPTIBILITE

5.1.1. Critères retenus

Les critères retenus pour l'élaboration de la carte de susceptibilité au phénomène de retrait-gonflement sont la nature lithologique des formations affleurantes à sub-affleurantes, la caractérisation de ces formations en fonction de la nature minéralogique des argiles présentes dans la phase argileuse et le comportement géotechnique du matériau. La carte de susceptibilité ainsi élaborée correspond donc à une hiérarchisation des formations géologiques identifiées, en prenant en compte uniquement ces trois critères.

En effet, d'autres critères de susceptibilité à l'aléa retrait-gonflement, tels que le contexte hydrogéologique, la topographie, la végétation ou le type de fondation des bâtis, n'ont pas été pris en compte, la plupart de ces facteurs n'intervenant que de manière très locale et ne pouvant par conséquent être cartographiés à l'échelle départementale.

5.1.2. Méthode de classification

Le document de base utilisé pour élaborer la carte de susceptibilité est la carte synthétique des formations argileuses et marneuses du département (illustration 5), laquelle a été établie, comme vu ci-dessus, en tenant compte essentiellement de la nature lithologique des formations.

La seconde étape de cette cartographie consiste à hiérarchiser les 15 formations argileuses et marneuses ainsi identifiées, en fonction de leur plus ou moins grande susceptibilité vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Cette hiérarchisation est basée sur la prise en compte des trois caractéristiques suivantes, dont les valeurs sont données à dire d'expert pour la première et quantifiées pour les suivantes, :

- la nature lithologique des terrains constituant en majorité la formation, définie à partir d'une étude synthétique des notices des cartes géologiques et de tout autre document éventuellement disponible,

- la proportion de minéraux gonflants (smectites et interstratifiés) de sa phase argileuse, évaluée à partir de données préexistantes et d'analyses d'échantillons prélevés dans le cadre de l'étude,
- le comportement géotechnique du matériau, évalué à partir de :
 - l'étendue de son domaine plastique (caractérisée par son indice de plasticité),
 - la réactivité du sol vis à vis de l'eau (caractérisée par la valeur de bleu),
 - l'importance du retrait possible (en terme de volume) en cas de dessèchement (caractérisée par les mesures de retrait linéaire),
 - le potentiel de gonflement du sol (évalué par le coefficient de gonflement),ceci sur la base de données existantes, extraites de rapports d'études, et d'analyses d'échantillons prélevés dans le cadre de cette étude.

Dans le but d'obtenir un moyen pratique de hiérarchisation entre les différentes formations, la règle adoptée a consisté à utiliser des *valeurs seuils*, couramment admises dans la littérature, distinguant quatre degrés de susceptibilité (faible, moyenne, forte et très forte). Ainsi, pour chacun des 3 critères de classification ci-dessus, il est possible d'attribuer une note de 1 à 4 à chacune des formations argileuses ou marneuses identifiées.

Les caractérisations lithologique, minéralogique et géotechnique des 15 formations argileuses et marneuses du département sont successivement présentées dans les paragraphes suivants.

5.2. CRITERE LITHOLOGIQUE

5.2.1. Définition du critère lithologique et barème

Ce premier critère, de nature essentiellement qualitative, est utilisé pour caractériser la lithologie des matériaux dominants dans la formation. Il permet de distinguer les terrains essentiellement argileux, de ceux où l'argile est minoritaire. Ce critère intègre donc l'hétérogénéité des formations, qui est très forte pour bon nombre de formations du Tarn, tout particulièrement pour les molasses qui sont constituées de plusieurs séquences de matériaux lithologiquement très différents (sables et grès, argiles et calcaires), sans que les documents cartographiques actuellement disponibles ne permettent de distinguer ces différents termes. L'épaisseur de la formation entre également en ligne de compte, puisque les formations argileuses peu épaisses présentent un potentiel de retrait ou de gonflement moindre que les formations puissantes.

Par convention, la note maximale est attribuée à une argile ou une marne épaisse et continue et la note minimale à une formation hétérogène, présentant des termes argileux non prédominants et discontinus, par exemple sous forme de poches ou de lentilles. Cette caractérisation lithologique des formations est établie à dire d'expert par le géologue régional.

Le barème utilisé pour distinguer les différentes classes lithologiques est le suivant :

Type de formation	Susceptibilité	Note lithologique
Formation non argileuse mais contenant localement des passées ou des poches argileuses (ex : alluvions avec lentilles argileuses, calcaire avec poches karstiques, ...)	faible	1
Formation présentant un terme argileux non prédominant de type calcaire argileux ou sable argileux	moyenne	2
Formation à dominante argileuse , présentant un terme ou une passée non argileuse (ex : alternance marno-calcaire ou sablo-argileuse) ou très mince (moins de 3 m)	forte	3
Formation essentiellement argileuse ou marneuse , d'épaisseur supérieure à 3 m et continue	très forte	4

5.2.2. Caractérisation lithologique des formations argileuses et marneuses du département du Tarn

Les principaux éléments ayant permis la caractérisation lithologique des formations ont été détaillés lors de la description de ces formations dans le paragraphe 4.3. Les notes lithologiques attribuées à chacune des formations sont présentées sur l'illustration 9.

Ces notes montrent que, parmi les 15 formations géologiques argileuses ou marneuses du département, une seule, la formation des Argiles et argiles palustres, atteint la valeur de 4, qui correspond aux formations essentiellement argileuses de plus de 3 m d'épaisseur. Dans le cas précis, cette épaisseur n'est pas atteinte partout mais la note maximale a toutefois été donnée dans la mesure où ces argiles sont décrites dans les notices des cartes comme marmorisées : cet adjectif décrit une coloration, due à différents états d'oxydation du fer, acquise au cours d'une altération secondaire des argiles en milieu confiné, altération qui tend à accroître le pourcentage d'argiles sensibles au retrait-gonflement dans la formation.

N° formation	Nature de la formation	Note lithologique
1	Formations solifluées	3
2	Colluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses	3
3	Formations résiduelles argilo-limono-sableuses	3
4	Limons sur alluvions	3
5	Alluvions graveleuses récentes	1
6	Alluvions tributaires de la molasse	3
7	Alluvions graveleuses anciennes	2
8	Glacis et palier d'érosion	2
9	Manteau d'altération argileuse	2
10	Molasses	3
11	Argiles et argiles palustres	4
12	Argiles à graviers	3
13	Marnes et marno-calcaires	3
14	Argiles bariolées	3
15	Argilites et pélites gréseuses	2

Illustration 9 - Note lithologique des formations argileuses et marneuses

Neuf formations sont classées avec une note de 3 parmi lesquelles les molasses constituent la formation la plus importante en superficie, 880 km² soit 15% du département, affleurant en particulier dans sa moitié ouest.

Ce classement est en accord avec les analyses granulométriques qui ont été réalisées sur les échantillons (cf. § 5.3.2.1, ci-après) prélevés à l'occasion du projet (annexe 2-1). Le contraste entre les alluvions et les autres formations est assez net (autour de 13% d'argile pour les premières et 27% pour les secondes). En revanche, le taux d'argile paraît faible pour les alluvions tributaires des molasses (10,95%) et les argiles bariolées du Keuper (11,1%).

Ces mesures, qui restent bien évidemment ponctuelles, demanderaient à être généralisées dans l'optique d'une étude statistique de caractérisation de ces formations par le biais de ce critère.

Enfin, ces notations, attribuées pour l'essentiel à partir des indications fournies par les notices des cartes géologiques, sont globalement en concordance, pour les formations équivalentes, avec celles adoptées dans les départements voisins. Ceci permet d'aboutir à une cartographie régionale homogène, tout en intégrant les spécificités locales qui traduisent de légères variations latérales de faciès liées à des variations du milieu de dépôt.

5.3. CARACTERISATION MINERALOGIQUE DES FORMATIONS ARGILEUSES ET MARNEUSES

5.3.1. Définition du critère minéralogique et barème

Les phénomènes de retrait-gonflement s'expriment préférentiellement dans les minéraux argileux appartenant au groupe des smectites (montmorillonite, beidellite, nontronite, saponite, hectorite, sauconite) et, dans une moindre mesure, au groupe des interstratifiés, alternance plus ou moins régulière de feuillets de natures différentes, lorsque ceux-ci comportent des smectites au sein de leur structure, par exemple smectites/illite ou illite/smectites. La vermiculite est aussi connue pour sa sensibilité au phénomène de retrait-gonflement. La caractérisation minéralogique des argiles se détermine par des analyses de diffractométrie aux rayons X.

Le critère minéralogique est basé sur le pourcentage moyen de minéraux gonflants (smectites et interstratifiés) présents dans la phase argileuse. Les notes de 1 à 4 sont attribuées en fonction des coupures suivantes :

% moyen de minéraux gonflants	Susceptibilité	Note minéralogique
< 25 %	faible	1
25 à 50 %	moyenne	2
50 à 80 %	forte	3
> 80 %	très forte	4

5.3.2. Source des données

De manière générale, les dossiers de demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle, ne contiennent pratiquement jamais de caractérisation des minéraux argileux composant les formations géologiques identifiées comme susceptibles. De même, les expertises de sinistres se basent assez rarement, pour effectuer leur diagnostic, sur des diffractométries aux rayons X, qui sont relativement coûteuses.

La caractérisation minéralogique des formations argileuses et marneuses du département du Tarn a donc été réalisée essentiellement à partir d'une campagne d'échantillonnage, suivie d'analyses diffractométriques aux rayons X, complétée des quelques données issues de l'examen des notices des cartes géologiques et d'une revue bibliographique. Certaines notices de cartes, et notamment les plus récentes

d'entre elles, mentionnent les minéraux dominants de certaines argiles, sans toutefois faire référence à des résultats d'analyses particulières.

Pour tenter de pallier la rareté de cette information il a été décidé de procéder, dans le cadre de la présente étude à une campagne de prélèvement d'échantillons sur le terrain et d'analyse en laboratoire afin de déterminer la nature et la teneur des minéraux argileux présents dans les formations argileuses et marneuses du département.

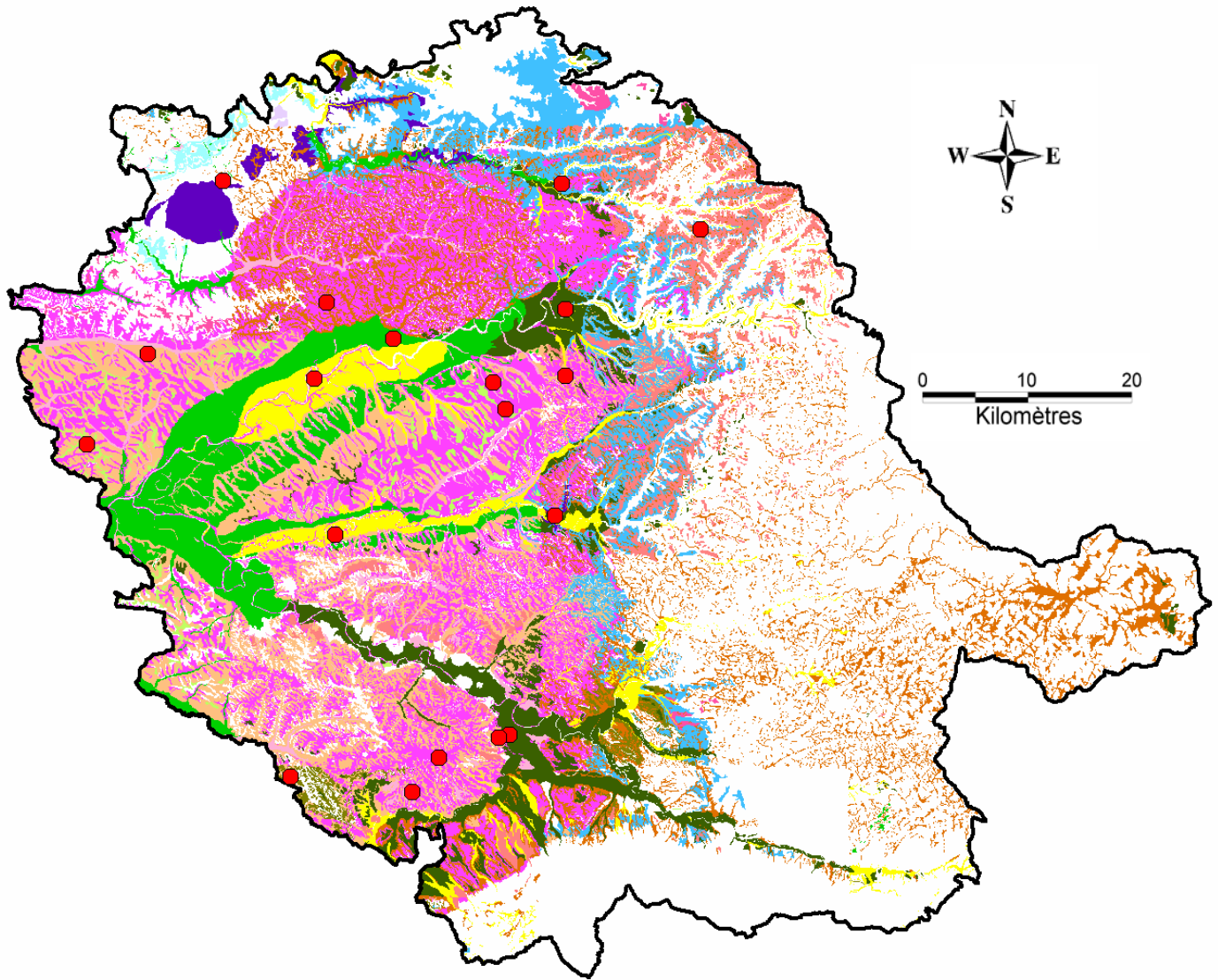
Pour ce faire, 19 échantillons ont été prélevés selon un nombre proportionnel à l'étendue de chacune des formations argileuses (de 1 à 4 par formation), à sa localisation et au nombre de sinistres recensés sur celle-ci. La représentativité de ces mesures a été pondérée en prenant en compte les résultats d'analyse obtenus dans le Tarn-et-Garonne et la Haute-Garonne, départements voisins, pour les formations équivalentes.

Trois types d'analyses ont été réalisées sur ces échantillons :

- une diffractométrie aux rayons X, pour déterminer la nature des argiles, objectif principal de l'échantillonnage ;
- une granulométrie, pour déterminer le pourcentage d'argiles ;
- un essai au bleu de méthylène (détermination de la capacité d'absorption de l'argile), dans le but de compléter les informations recueillies au cours des recherches bibliographiques ou auprès des bureaux d'étude. Cette dernière analyse sera plus spécialement utilisée pour établir la notation géotechnique des formations.

La carte suivante (illustration 10) indique, sur fond de carte synthétique des formations argileuses, la répartition géographique des échantillons prélevés dans le département.

La granulométrie va déterminer la fraction argileuse ($\leq 2\mu\text{m}$), qui sert de référence à la diffractométrie aux rayons X. Cette dernière est effectuée sur la seule fraction fine ($<2\mu\text{m}$). Elle a été réalisée à partir de lames orientées normales, glycolées pendant 12 heures en tension de vapeur puis chauffées à 490°C pendant 4 heures. Il en résulte un spectre caractéristique de chaque échantillon (forme, surface) à partir duquel est déterminée la nature et la quantité des minéraux argileux présents.



Légende

- Formations solifluées
- Colluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses
- Formations résiduelles argilo-limono-sableuses
- Limons sur alluvions
- Alluvions graveleuses récentes
- Alluvions tributaires de la molasse
- Alluvions graveleuses anciennes
- Glacis et palier d'érosion
- Manteau d'altération argileuse
- Molasses
- Argiles et argiles palustres
- Argiles à graviers
- Marnes et marno-calcaires
- Argiles bariolées
- Argilites et pélites gréseuses

● Point de prélèvement

Illustration 10 – Localisation des prélèvements effectués dans le cadre de l'étude

5.3.3. Caractérisation minéralogique des formations argileuses et marneuses du département du Tarn

L'ensemble des données ayant servi à la caractérisation minéralogique des formations argileuses et marneuses du département est synthétisé sur l'illustration 11. La notation, fonction de la détermination du pourcentage moyen de minéraux gonflants, a été faite en prenant en compte les résultats des analyses des échantillons recueillis sur le département mais également ceux relatifs aux départements voisins, la Haute-Garonne et le Tarn-et-Garonne, les plus susceptibles de présenter des formations géologiques comparables à celle du Tarn.

Les notations, issues des analyses figurant en annexe 2-2, sont présentées sur 3 colonnes (teintées en vert) :

- dans la première, les notations sont relatives aux formations échantillonnées sur le seul département du Tarn,
- dans la seconde, les notations résultent des analyses réalisées dans les départements de Haute-Garonne et de Tarn-et-Garonne (annexe 2-3)
- dans la troisième, les notations prennent en compte les analyses réalisées sur les trois départements.

Sur les 15 formations étudiées, trois voient leur notation changer du fait de la prise en compte des analyses des départements voisins. Dans les deux premiers cas, il semble que la modification apportée soit géologiquement justifiée ou propose un correctif souhaitable alors que dans le dernier, le changement de note ne sera pas conservé :

- les Alluvions tributaires de la molasse : ces alluvions sont déposés par les rivières ne circulant que dans les formations molassiques. Ils sont donc constitués à priori de matériaux fins, argileux, les plus faciles à mobiliser. Comme les molasses rencontrées présentent toutes des proportions relativement élevées de minéraux smectitiques et interstratifiés, l'absence de ces minéraux dans l'échantillon prélevé est surprenante. Le passage de 1 à 2 de la note minéralogique vient donc corriger une valeur isolée probablement non représentative,
- les Alluvions graveleuses anciennes : le passage de 1 à 2 de la note minéralogique finale, qui tient compte des résultats d'un échantillon du Tarn-et-Garonne, permet de souligner que ces formations, surtout formées d'éléments grossiers, peuvent contenir des lentilles et niveaux argileux composés de minéraux très sujets aux variations de volume,
- les Argiles et argiles palustres : la note 3 donnée pour le Tarn à ces formations repose sur les résultats d'analyse d'un seul échantillon. Elle prend la valeur 2 si l'on tient compte des résultats d'analyse des 5 échantillons prélevés en Haute-Garonne. Toutefois, pour la raison mentionnée précédemment (§ 5.2.2 : milieu de dépôt confiné), c'est la première note de 3 qui sera conservée pour prendre en compte une possible évolution locale de ces formations.

N° formation	Nature de la formation	Fraction des minéraux gonflants 81					Fraction des minéraux gonflants 31 et 82					Moyenne 81-31-82	Note finale
		nb	mini	maxi	moy	note	nb	mini	maxi	moy	note		
1	Formations solifluées	1	64	64	64	3						64	3
2	Colluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses	1	76	76	76	3	4	0	86	51	3	56	3
3	Formations résiduelles argilo-limono-sableuses	2	37	76	57	3	1	72	72	72	3	61	3
4	Limons sur alluvions	1	traces	traces	traces	1	5	0	54	17	1	14	1
5	Alluvions graveleuses récentes	2	0	9	5	1						5	1
6	Alluvions tributaires de la molasse	1	traces	traces	traces	1	4	0	79	45	2	36	2
7	Alluvions graveleuses anciennes	2	0	8	4	1	1	89	89	89	4	32	2
8	Glacis et pallier d'érosion	1	0	0	0	1						0	1
9	Manteau d'altération argileuse					1	2	0	0	0	1	0	1
10	Molasses	4	10	84	60	3	7	45	89	69	3	66	3
11	Argiles et argiles palustres	1	71	71	71	3	5	13	73	41	2	47	3
12	Argiles à graviers	1	0	0	0	1						0	1
13	Marnes et marno-calcaires												1
14	Argiles bariolées	1	traces	traces	traces	1	1	0	0	0	1	0	1
15	Argilites et pélites gréseuses	1	0	0	0	1						0	1

Illustration 11 - Résultats de la diffractométrie aux rayons X et notation minéralogique

5.4. CARACTERISATION GEOTECHNIQUE DES FORMATIONS ARGILEUSES ET MARNEUSES

5.4.1. Définition du critère géotechnique et barème

Ce critère permet d'intégrer dans l'analyse de la susceptibilité le comportement géotechnique du matériau vis à vis du retrait-gonflement.

Le choix et la description des différents essais géotechniques utilisés pour la définition de ce critère sont présentés dans les paragraphes suivants, ainsi que les valeurs seuils retenues pour la détermination de la note géotechnique, valeurs qui sont identiques pour tous les départements ayant fait l'objet d'une telle carte d'aléa retrait-gonflement.

Généralités sur les expertises de sinistres

Les expertises de sinistres qui ont pu être consultées montrent que le type d'essais effectués sur le terrain dépend des bureaux d'études et varie en fonction de l'objectif assigné à l'étude. Généralement, la reconnaissance de sol se fait par sondage à la tarière (le plus souvent manuelle), parfois en fouille directe. Les essais géotechniques remplissent deux objectifs :

- déterminer les caractéristiques intrinsèques du sol : les essais utilisés sont généralement les limites d'Atterberg (qui permettent de déterminer l'indice de plasticité, IP), le retrait linéaire, l'essai au bleu de méthylène (qui traduit la capacité d'adsorption du sol) et le coefficient de gonflement, éventuellement complétés par

une analyse granulométrique pour déterminer le passant à 80 μm . Les analyses sédimentométriques, qui permettraient de déterminer la fraction argileuse du matériau (inférieure à 2 μm), et les analyses aux rayons X, permettant de distinguer le pourcentage de minéraux gonflants sont plus rarement réalisées.

- caractériser l'état du sol, et notamment son état de dessiccation en effectuant des mesures de teneurs en eau, généralement à plusieurs profondeurs. En comparant ces valeurs avec les limites d'Atterberg du matériau, il est possible de savoir dans quel état de consistance se trouve le matériau in situ (état solide avec ou sans retrait, plastique ou liquide). D'autres essais peuvent également être mis en œuvre, comme la mesure du rapport de gonflement.

Seuls les résultats des essais correspondant aux caractéristiques intrinsèques du sol sont pris en compte dans le cadre de cette étude, puisqu'il s'agit de déterminer la susceptibilité au retrait-gonflement de chaque formation. En effet, les résultats des essais caractérisant l'état du matériau varient au cours du temps en fonction de l'humidité du sol : ils sont donc utiles aux experts, pour diagnostiquer les causes d'un sinistre et déterminer dans quel état se trouve le sol par rapport au niveau d'équilibre, mais ne sont pas pertinents pour caractériser la susceptibilité du matériau au retrait-gonflement.

Les études géotechniques après sinistres sont souvent complétées par un ou plusieurs essais pressiométriques (ou parfois au pénétromètre dynamique), dont l'objectif est la vérification de la capacité portante du sol et le dimensionnement ultérieur éventuel de micropieux, si les résultats de l'expertise indiquent qu'une reprise en sous-œuvre des fondations est nécessaire. Ces données ne sont pas utilisées dans le cadre de la présente étude.

Les principaux essais dont les résultats ont été utilisés dans le cadre de la présente étude pour caractériser le comportement géotechnique du matériau vis à vis du phénomène de retrait-gonflement sont finalement au nombre de quatre : l'indice de plasticité, la valeur de bleu, le coefficient de gonflement et le retrait linéaire. Ces essais sont présentés dans les paragraphes suivants, sachant que les deux essais les plus représentatifs de l'aptitude d'un sol au retrait-gonflement sont la valeur de bleu et le retrait linéaire.

Indice de plasticité (IP)

Il est calculé à partir des limites d'Atterberg qui mettent en évidence l'influence de la teneur en eau sur la consistance du matériau fin. Cet indice correspond à la différence entre la limite de liquidité (WL) et la limite de plasticité (Wp) du matériau. Il représente donc l'étendue du domaine plastique et donne une indication sur l'aptitude du matériau argileux à acquérir de l'eau. Il est généralement considéré (Chassagneux et al., 1996) que la susceptibilité d'une argile vis-à-vis du retrait-gonflement varie en fonction de l'indice de plasticité (IP) de la manière suivante :

Indice de plasticité	Susceptibilité	Note
$IP < 12$	faible	1
$12 \leq IP < 25$	moyenne	2
$25 \leq IP < 40$	forte	3
$IP \geq 40$	très forte	4

Cet essai d'identification de sol est réalisé très classiquement par de nombreux bureaux d'études et les valeurs disponibles sont relativement nombreuses. Il est cependant important de noter que la corrélation entre ce type de résultat et l'aptitude du sol au retrait-gonflement est loin d'être vérifiée dans tous les cas.

Essai au bleu de méthylène (Vb)

L'essai au bleu de méthylène permet d'évaluer la surface spécifique d'échange d'un matériau argileux, ce qui constitue un bon indicateur de sa susceptibilité au phénomène de retrait-gonflement. Il traduit en effet à la fois la proportion d'argile contenue dans l'échantillon et la teneur en minéraux gonflants de sa fraction argileuse. Malheureusement, les résultats d'essai de bleu sont relativement peu nombreux et il n'est pas toujours aisé de les interpréter de manière statistique.

Cet essai a été développé par Tran Ngoc Lan (1977) et adopté comme procédure d'essai officiel des Laboratoires des Ponts et Chaussées (LCPC, 1979), puis normalisé (norme AFNOR NF P 18-592). Il consiste à mesurer la capacité d'adsorption de bleu de méthylène, c'est-à-dire la quantité de ce colorant nécessaire pour recouvrir d'une couche mono-élémentaire les surfaces externes et internes de toutes les particules argileuses présentes dans 100 g de sol. Cette quantité est appelée la valeur de bleu, notée Vb et exprimée en grammes de bleu pour 100 g de matériau. Il est généralement considéré (Chassagneux et al., 1996) que la sensibilité d'un matériau argileux varie de la manière suivante en fonction de la valeur de bleu (Vb) :

Valeur de bleu	Susceptibilité	Note
< 2,5	faible	1
2,5 à 6	moyenne	2
6 à 8	forte	3
> 8	très forte	4

Retrait linéaire (RI)

La valeur du retrait linéaire est un indicateur de l'importance du retrait volumique possible d'un sol, lors de son assèchement. Initialement, le sol est saturé en eau. Lorsque la teneur en eau diminue, son volume total diminue, puis se stabilise. Ce processus de diminution de la teneur en eau se traduit par deux phases successives. Lors de la première, les grains constituant le sol se rapprochent, mais le sol reste toujours saturé : la variation de volume du sol est donc proportionnelle à la diminution de teneur en eau. Pendant la deuxième phase, les grains sont en contact et ne peuvent plus se rapprocher, l'élimination de l'eau ne fait plus varier le volume du sol, mais se traduit par sa désaturation. La teneur en eau correspondant à ce palier est appelée limite de retrait. Plus cette valeur est faible, plus la variation de volume peut être importante et plus le tassement induit en cas de dessiccation sera grand.

Le retrait linéaire, noté RI, correspond à la pente de la droite donnant le tassement de l'échantillon en fonction de la diminution de teneur en eau, dans la partie où cette teneur en eau reste supérieure à la limite de retrait. Les coupures suivantes ont été proposées (Mastchenko, 2001) pour caractériser le potentiel de retrait avec ce paramètre.

Retrait linéaire	Susceptibilité	Note
$RI < 0,4$	faible	1
$0,4 \leq RI < 0,65$	moyenne	2
$0,65 \leq RI < 0,75$	forte	3
$RI \geq 0,75$	très forte	4

Coefficient de gonflement (Cg)

L'essai de gonflement à l'œdomètre (norme XP P 94-091) consiste à mesurer une amplitude de gonflement à la suite d'un apport d'eau. Il est par conséquent fortement conditionné par l'état initial de saturation en eau du sol considéré. En effet, pour un même sol, le gonflement relatif sera d'autant plus grand que le sol était initialement plus sec. Cette observation souligne l'intérêt d'associer ces essais avec la réalisation d'un profil hydrique. Ainsi la pression de gonflement ne constitue pas une caractéristique intrinsèque du sol, les valeurs dépendant fortement de l'état de saturation initial du sol considéré. Le potentiel de gonflement peut cependant être

caractérisé par le coefficient de gonflement C_g (pente de la droite de déchargement observée dans un essai œdométrique) qui permet d'évaluer le potentiel de gonflement des formations argileuses identifiées :

Coefficient de gonflement	Susceptibilité	Note
$C_g < 0,025$	faible	1
$0,025 \leq C_g < 0,035$	moyenne	2
$0,035 \leq C_g < 0,055$	forte	3
$C_g \geq 0,055$	très forte	4

5.4.2. Source des données

Les données géotechniques qui ont été recueillies pour caractériser les différentes formations argileuses et marneuses affleurant dans le département proviennent de plusieurs sources :

- il s'agit principalement de rapports visant à étayer la demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle et surtout des études géotechniques réalisées dans le cadre d'expertises après sinistres. Ces dossiers nous ont été transmis soit par les communes, soit par les mutuelles d'assurance (MAIF, MAAF, Groupama), soit par la Caisse Centrale de Réassurance (CCR), soit directement par les bureaux d'études (notamment Sols et Eaux et ANTEA).

Sur l'ensemble des dossiers qui ont été consultés, 155 ont finalement été retenus après élimination de ceux qui ne contenait pas d'information géologique et géotechnique suffisante pour établir une corrélation fiable avec les formations argileuses retenues.

Les coordonnées complètes des bureaux d'étude ayant fourni des données géotechniques sont présentées en annexe 5, conformément au protocole signé entre le BRGM et l'Union Syndicale de Géotechnique (USG). Les bureaux d'études qui ont été sollicités et qui ont accepté d'accueillir des agents du BRGM pour exploiter leurs archives et en extraire les résultats d'études de sols sont Sols et Eaux (Cuq Toulza – Tarn) et ANTEA (Agence de Labège – Haute-Garonne). Nous souhaitons les remercier ici pour leur aimable collaboration.

- 19 analyses de valeur au bleu ont été réalisées dans le cadre de la présente étude sur des échantillons prélevés sur l'ensemble du département afin de compléter les données d'archives (annexe 2-4).

5.4.3. Caractérisation géotechnique des formations argileuses et marneuses du département du Tarn

La synthèse des données géotechniques, exploitées dans le cadre de cette étude pour la caractérisation géotechnique des formations, et les notes géotechniques attribuées sont présentées sur l'illustration 12.

Le comportement géotechnique du matériau est estimé à partir d'une interprétation statistique de tous les résultats d'essais de laboratoire qui ont pu être recueillis. Pour cette interprétation, sont privilégiés les essais jugés les plus représentatifs du comportement vis-à-vis du retrait-gonflement, à savoir les valeurs de bleu (essais Vb, indiquant la capacité d'adsorption d'eau) complétées par celle relatives au retrait linéaire (RI). A défaut, on peut aussi tenir compte des indices de plasticité (Ip, calculé à partir des limites d'Atterberg et indiquant l'étendue du domaine plastique). Les coupures proposées pour l'attribution des notes concernant ce critère seront a priori celles citées au § 5.4.1 ci-dessus. En outre, les valeurs de bleu correspondant aux formations équivalentes dans les départements voisins de Haute-Garonne et Tarn-et-Garonne ont été indiquées lorsqu'elles étaient disponibles. Il peut s'agir de valeurs communes aux deux départements, lorsque les formations géologiques étaient présentes sur les deux, ou des valeurs concernant l'un ou l'autre département dans le cas inverse.

Les résultats montrent que la majorité des formations a une note de deux. Seules deux ont une note de 1 (les manteaux d'altération argileuse et les argiles bariolées). Pour ces dernières formations toutefois, le nombre d'analyse est très limité. Ces notes sont en accord avec les moyennes de valeur de bleu obtenue dans les deux départements voisins.

Les alluvions tributaires des molasses toutefois, du fait de la seule valeur de bleu obtenue dans le Tarn, devraient avoir une note de 1. Une note de 2 leur a été attribuée pour les raisons suivantes :

- la valeur de retrait linéaire sur le même échantillon leur fait attribuer une note de 2,
- la valeur de bleu dans les départements voisins est beaucoup plus forte (3) et justifie une note de 2,
- cette formation est surtout constituée des produits fins de démantèlement des molasses, lesquelles contiennent des argiles sujettes au retrait-gonflement.

La grande variabilité des matériaux au sein d'une même formation et le nombre généralement restreint d'analyses disponibles ne permettent en effet pas de réaliser de simples moyennes arithmétiques mais exigent une analyse pondérée des résultats. L'attribution des notes comporte une part de subjectivité et est influencée par l'expertise du géologue régional.

Les résultats des essais géotechniques montrent que la susceptibilité des formations au retrait-gonflement est globalement moyenne dans le Tarn. C'est en particulier le cas de la formation des molasses, la plus étendue à l'échelle du département.

N°	Formation géologique Nature	Note géotechnique	Valeur de bleu (Vb : g/100g)				Retrait linéaire RI				Indice de plasticité (Ip : %)				Coefficient de gonflement (Cg)				
			Nombre de mgs	Vb min	Vb max	Vb moy 31 et 82	Nombre de mgs	RI min	RI max	RI moy	Nombre de mgs	Ip min	Ip max	Ip moy	Nombre de mgs	Cg min	Cg max	Cg moy	
1	Formations solifluées	2	5	0,9	6,3	4,39	6	0,30	0,55	0,48	10	20	43	26,4	5	0,030	0,070	0,046	
2	Colluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses	3	1	5,8	5,8	5,80	3,30	1	0,27	0,27	2	38	42	40,0					
3	Formations résiduelles argilo-limono-sableuses	2	2	2,4	4,4	3,40	3,70												
4	Limons sur alluvions	2	12	3,7	6,0	4,97	2,65	14	0,40	0,55	0,49	33	9	50	24,5	21	0,020	0,060	0,041
5	Alluvions graveleuses récentes	2	3	0,7	6,4	2,77	0,43				6	15	64	35,2					
6	Alluvions tributaires de la molasse	2	1	0,6	0,6	0,60	4,53	1	0,48	0,48	0,48	6	13	40	35,5	1	0,031	0,031	0,031
7	Alluvions graveleuses anciennes	2	10	0,7	7,0	2,73	2,70	7	0,32	0,57	0,46	20	11	48	27,2	10	0,020	0,061	0,040
8	Glacis et palier d'érosion	2	1	1,4	1,4	1,40					2	42	55	48,5	1	0,030	0,030	0,030	
9	Manteau d'altération argileuse	1	2	0,2	0,4	0,30													
10	Molasses	2	15	1,1	6,2	4,51	3,98	8	0,45	0,55	0,49	43	9	45	27,3	10	0,020	0,050	0,039
11	Argiles et argiles palustres	2	1	3,6	3,6	3,60	3,35												
12	Argiles à graviers	2	2	1,6	4,3	2,95					5	12	36	22,8	1	0,030	0,030	0,030	
13	Marnes et marno-calcaires	2																	
14	Argiles bariolées	1	1	0,7	0,7	0,70	3,00												
15	Argilites et pélites gréseuses	2	1	2,9	2,9	2,90													
	Total		57					37				127			49				

Illustration 12 - Notation géotechnique des formations argileuses et marneuses

5.5. ELABORATION DE LA CARTE DE SUSCEPTIBILITE

5.5.1. Détermination du degré de susceptibilité

Au total, chaque formation a donc été caractérisée par trois notes, une pour chacun des critères pris en compte selon les classifications présentées précédemment. La moyenne des trois notes obtenues permet de calculer, pour chaque formation, un degré de susceptibilité globale vis à vis du retrait-gonflement. La moyenne obtenue est potentiellement comprise entre 1 et 4. Les classes de susceptibilité déterminées à partir de la valeur moyenne ainsi calculée sont les suivantes :

Note moyenne	Degré de susceptibilité
valeur \leq 2	faible
2 < valeur \leq 3	moyen
valeur > 3	fort

5.5.2. Susceptibilité des formations argileuses et marneuses

Le calcul du degré de susceptibilité des 15 formations argileuses et marneuses identifiées dans le département du Tarn est présenté sur l'illustration 13 qui reprend les résultats établis précédemment en classant les formations par niveau de susceptibilité et en précisant les surfaces concernées.

N° formation	Nature de la formation	Note lithologique	Note géotechnique	Note minéralogique	Moyenne	Indice de susceptibilité
1	Formations solifluées	3	2	3	2,67	moyen
2	Colluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses	3	3	3	3,00	moyen
3	Formations résiduelles argilo-limono-sableuses	3	2	3	2,67	moyen
4	Limons sur alluvions	3	2	1	2,00	faible
5	Alluvions graveleuses récentes	1	2	1	1,33	faible
6	Alluvions tributaires de la molasse	3	2	2	2,33	moyen
7	Alluvions graveleuses anciennes	2	2	2	2,00	faible
8	Glacis et palier d'érosion	2	2	1	1,67	faible
9	Manteau d'altération argileuse	2	1	1	1,33	faible
10	Molasses	3	2	3	2,67	moyen
11	Argiles et argiles palustres	4	2	3	3,00	moyen
12	Argiles à graviers	3	2	1	2,00	faible
13	Marnes et marno-calcaires	3	2	1	2,00	faible
14	Argiles bariolées	3	1	1	1,67	faible
15	Argillites et pélites gréseuses	2	2	1	1,67	faible

Illustration 13 - Indice de susceptibilité des formations

Cette hiérarchisation des formations argileuses et marneuses du Tarn, établie sur la base de critères purement physiques, conduit ainsi à identifier 6 formations de susceptibilité moyenne et 9 de susceptibilité faible. Aucune formation de susceptibilité forte n'a été définie dans le département et ceci par référence à ce qui a été observé dans d'autres départements avec les mêmes critères de classification.

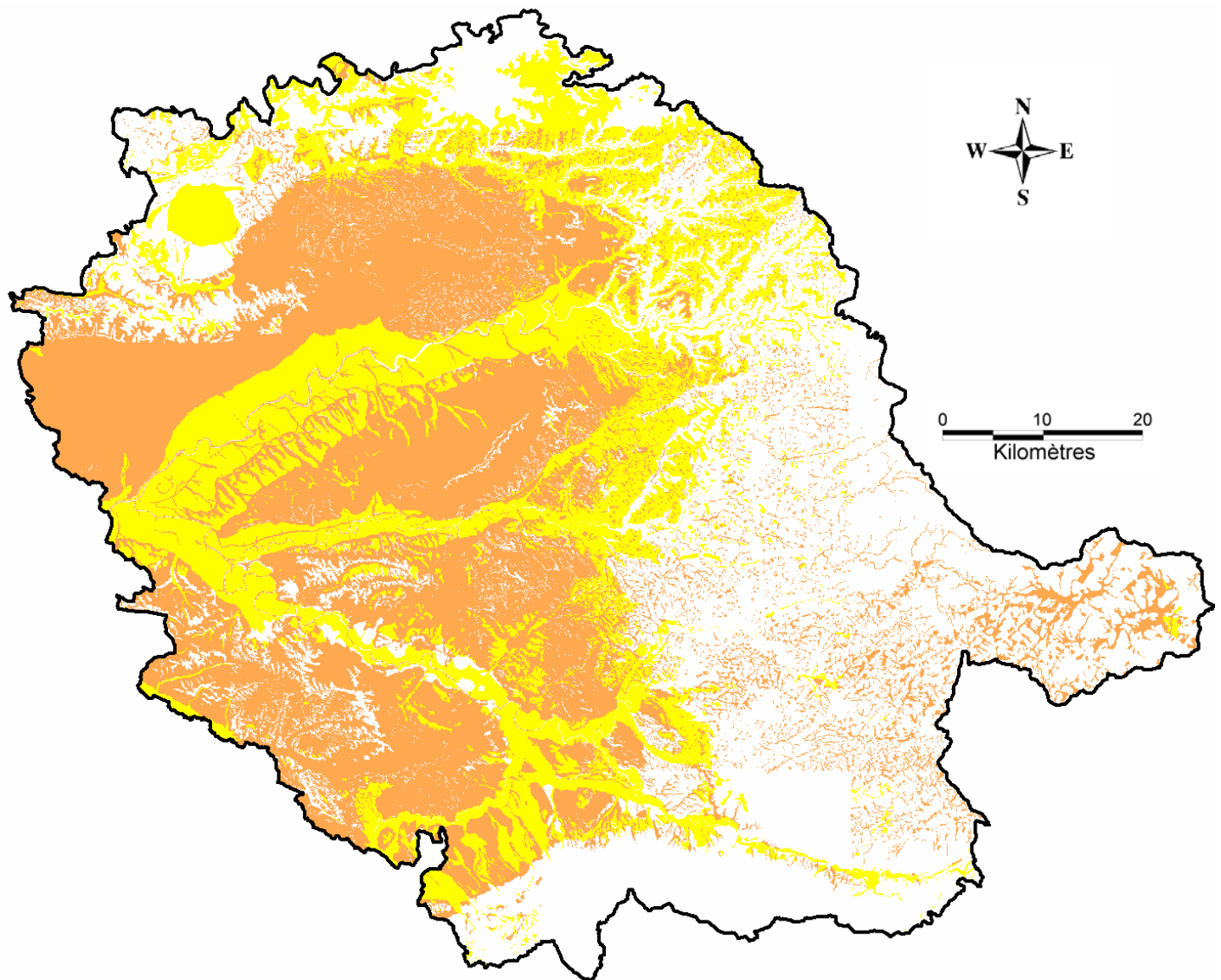
5.5.3. Carte de susceptibilité

La carte départementale de susceptibilité a été tracée à partir de la carte synthétique des formations argileuses et marneuses, en attribuant à chacune des formations géologiques la classe de susceptibilité définie précédemment. Cette carte est présentée sur l'illustration 14 et en carte hors-texte 2 à l'échelle 1/125 000.

Les zones blanches de la carte correspondent aux formations a priori non argileuses, et donc théoriquement non sujettes au phénomène de retrait-gonflement. Cependant, on ne peut exclure que ces formations ne soient recouvertes localement de placages superficiels argileux ou ne contiennent des poches d'argile, non représentés sur la carte géologique actuelle. L'hétérogénéité des formations, molassiques ou alluviales en particulier, peut conduire à la présence de lentilles argileuses dans des niveaux réputés sableux tandis que l'altération par dissolution de formations carbonatées peut être à l'origine de concentrations d'argiles, comme cela est fréquemment observé au niveau des dolines.

Les formations argileuses et marneuses sont représentées par deux couleurs, jaune et orange, selon leur degré respectif de susceptibilité croissant vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement, respectivement faible et moyen.

Les formations de susceptibilité moyenne couvrent ainsi 35% de la surface du département, tandis que celles de susceptibilité faible en représentent 25%. 40 % du département n'est a priori pas sujet au retrait-gonflement des argiles, ce qui correspond aux formations considérées comme a priori non argileuses et au réseau hydrographique.



Légende

- Susceptibilité faible
- Susceptibilité moyenne
- Formations a priori non argileuses

Illustration 14 - Susceptibilité au retrait gonflement du département du Tarn

6. Inventaires des communes sinistrées et des sinistres sécheresse - détermination du critère densité de sinistres

6.1. PROCEDURE DE DEMANDE DE RECONNAISSANCE DE L'ETAT DE CATASTROPHE NATURELLE

Dans le cadre de la loi n°82-600 du 13 juillet 1982 sur les catastrophes naturelles, et à l'initiative des sinistrés, un dossier technique est établi par un bureau d'études afin de demander la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle dans la commune concernée, au titre des mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols. Aux termes de cette loi, les propriétaires de bâtis peuvent se considérer comme victimes des effets des catastrophes naturelles pour les dommages matériels directs ayant pour cause déterminante "l'intensité anormale d'un agent naturel" – dans le cas présent, la sécheresse ou la réhydratation des sols – "lorsque les mesures habituelles pour prévenir ces dommages n'ont pu empêcher leur survenance".

Les dossiers techniques des communes sont collectés par la Préfecture qui les transmet à la Commission Interministérielle statuant sur la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle.

Pour que les dossiers qui lui sont soumis soient déclarés recevables, la Commission Interministérielle exige que les critères suivants soient satisfaits :

- les désordres ne doivent pas relever d'une cause autre que la sécheresse ou la réhydratation des sols ;
- le caractère exceptionnel du phénomène climatique doit être prouvé ;
- la nature du sol doit être essentiellement argileuse, de sorte qu'elle permette le retrait par dessiccation ou le gonflement par réhydratation ;
- le niveau de fondation doit se trouver dans la zone de sol subissant la dessiccation ;
- l'évolution des désordres doit être corrélée dans le temps avec celle du phénomène climatique exceptionnel.

Depuis décembre 2000, l'analyse du contexte climatique est confiée à Météo France et effectuée sur la base d'un suivi de l'état hydrique des sols, calculé dans 92 stations de référence au moyen d'un modèle à double réservoir, sur la base d'une réserve utile de 200 mm, dont on suit le niveau de remplissage au pas de temps décadaire. La comparaison de l'état hydrique des sols (qui dépend essentiellement des précipitations et de l'évapotranspiration) par rapport aux moyennes normales, permet d'identifier les périodes de sécheresse exceptionnelles qui ont d'abord été définies comme étant des

périodes de quatre trimestres consécutifs pour lesquels la réserve en eau du sol est inférieure à la normale, avec au moins une décade située au cours du premier trimestre (janvier à mars, période de recharge hivernale) où la réserve en eau est inférieure à 50 % de la normale. Ces critères ont été modifiés pour la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle concernant les sinistres survenus spécifiquement au cours de l'été 2003, caractérisé par une sécheresse intense mais brève pour laquelle le critère précédent ne s'appliquait pas.

Les études menées en vue de la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle ne sont habituellement réalisées que sur quelques cas de désordres de bâtis par commune. L'ensemble des sinistres d'une commune est rarement pris en compte et il n'est pas rare qu'un seul sinistre permette de classer l'ensemble de la commune en état de catastrophe naturelle. Par ailleurs, dès lors qu'une commune a été reconnue une fois, il n'est pas exigé d'étude géotechnique supplémentaire pour définir une nouvelle période de reconnaissance.

De surcroît, ces études préalables sont généralement très succinctes. Une visite de terrain permet de réaliser un bref audit des sinistres, de noter les dates d'apparition des premiers désordres (pour les comparer avec les chroniques pluviométriques), d'observer les pathologies et la nature des terrains, de noter la présence éventuelle de végétation arborée à proximité du bâti sinistré et de recueillir le témoignage des propriétaires. L'examen de la carte géologique de la France, à l'échelle du 1/50 000, complété éventuellement par des observations de terrain ou des sondages, permettent de préciser la nature des formations géologiques environnant les sinistres et de déterminer la formation argileuse ou marneuse en cause.

Ces dossiers techniques ne constituent donc qu'une première approche, souvent très sommaire, du problème. Après reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle dans la commune, des études plus approfondies sont généralement réalisées à la demande des compagnies d'assurance afin de déterminer le niveau de remboursement des dégâts et proposer des solutions de confortement. Les experts en charge de ces diagnostics font alors souvent appel à des bureaux d'études spécialisés pour réaliser des études géotechniques qui permettent de préciser l'origine des désordres. Ces études de sols ne sont cependant pas systématiques.

Dans le cas du département du Tarn, différents bureaux d'études ont réalisé des dossiers techniques pour établir la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle ou expertiser des sinistres pour le compte des compagnies d'assurance. D'après les dossiers que nous avons recueillis, les bureaux d'études suivants sont notamment intervenus : Sols et eaux, Antea, Terrefort, CEBTP, GEOTEC-Toulouse, Fondasol, SORES, TEMSOL Atlantique, SIMECSOL, Soltechnic, Bernard Philippe, Elysée, LRPC Toulouse et GFC.

6.2. IDENTIFICATION DES COMMUNES SINISTREES

En août 2003, lors du démarrage de l'étude, 84 communes du département du Tarn avaient été reconnues au moins une fois en état de catastrophe naturelle au titre de

mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols. C'est sur cette base qu'a été menée la première enquête relative à l'étude actuelle. Toutefois, il convient de signaler qu'à l'issue de la sécheresse intense qu'a connue le sud-ouest de la France durant l'été 2003, ce nombre, incluant les premières, a plus que doublé, passant à 164, suite à plusieurs arrêtés parus au Journal Officiel entre le 26/08/2004 et le 27/05/2005.

Les 164 communes finalement prises en compte pour l'étude, à l'issue d'une deuxième enquête, représentent 52 % des 324 communes que compte le département et couvrent, à elles seules, 54 % de la superficie totale du département mais la quasi totalité de la surface d'affleurement des formations géologiques les plus sensibles a priori (molasses et alluvions), dans l'ouest du département.

La liste des communes concernées est présentée en annexe 3, ainsi que les périodes de reconnaissance, les dates des arrêtés interministériels et les dates de leur parution au Journal Officiel. La carte de l'illustration 15 permet de localiser les 164 communes qui ont fait l'objet d'au moins un arrêté de reconnaissance à ce jour et de distinguer celles dont la reconnaissance fait suite à la sécheresse de l'été 2003.

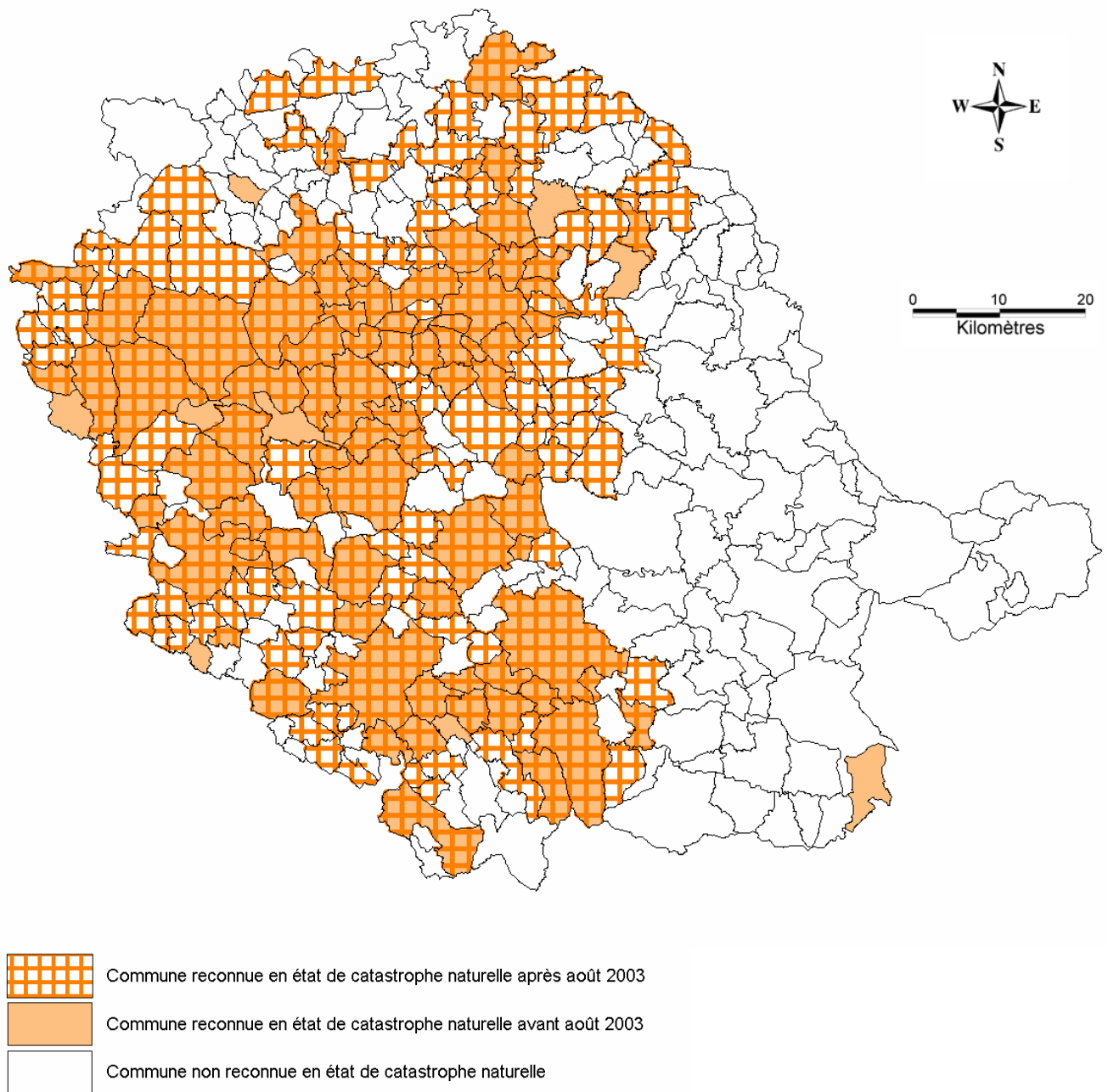


Illustration 15 - Carte des communes sinistrées

6.3. COLLECTE DES DONNEES DE SINISTRES

Le recensement des sinistres a été réalisé à partir de plusieurs sources d'informations jugées complémentaires :

- deux enquêtes successives auprès des 84 puis des 164 communes ayant fait l'objet d'une reconnaissance de catastrophe naturelle jusqu'au 27 mai 2005,
- la consultation des dossiers de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle disponibles à la Caisse Centrale de Réassurance,
- la consultation de dossiers communiqués par des mutuelles d'assurance et des bureaux d'études géotechniques.

A chaque étape, les doublons (sinistres successifs sur le même site ou donnée redondante issue de sources parallèles) ont été éliminés.

La principale source d'informations provient des enquêtes effectuées auprès des communes. Cette enquête s'est faite en deux étapes, par envoi d'un premier courrier, sous le timbre de la préfecture, puis par des relances postales ou téléphoniques faisant référence au premier courrier.

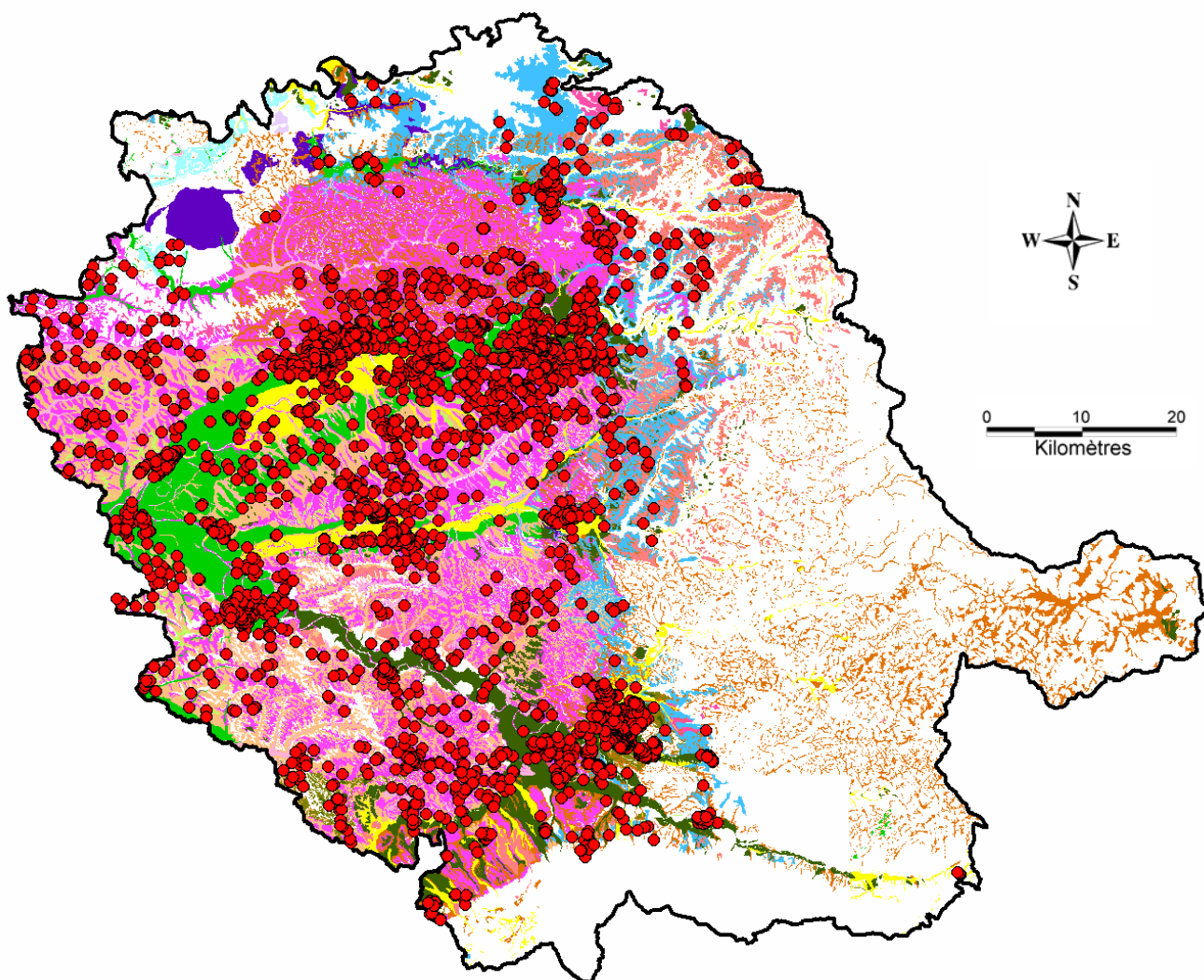
A l'issue de la première enquête sur 84 communes, 3 333 sites de sinistres ont été répertoriés à partir des réponses des communes.

Des données supplémentaires ont été recueillies auprès de la CCR (9 sites), des mutuelles d'assurances, (MAIF : 24 sites, MAAF : 14 sites) et de différents bureaux d'études géotechniques (Sols et eaux, Antea : 49 sites).

Finalement, ce sont 3415 sites de sinistres qui ont été recensés et localisés. La localisation des sinistres a été effectuée sur fonds topographiques de l'IGN à 1/25 000. Ce travail a été réalisé grâce aux cartes de localisation renvoyées par les communes, à celles consultées dans les dossiers réalisés par les différents bureaux d'étude, ainsi que par la consultation du site internet www.mappy.fr.

La seconde enquête, réalisée après le 27 mai 2005 a permis de collecter auprès des mairies 1372 points complémentaires ce qui amène à un total de 4787 sinistres pour le département du Tarn.

Cet échantillon peut être considéré comme représentatif de la sinistralité du département, étant donné le fort taux de réponses des communes (142 au total soit 83 %) et le fait qu'ils affectent l'ensemble des formations attendues. Il reste que la répartition des sinistres reste liée à la proximité des principaux centres urbains (Albi, Castres en particulier, Gaillac), comme le suggère les illustrations 16 et 17, ce qui s'explique par une densité d'urbanisation plus importante dans ces zones.



Légende

- Formations solifluées
- Colluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses
- Formations résiduelles argilo-limono-sableuses
- Limons sur alluvions
- Alluvions graveleuses récentes
- Alluvions tributaires de la molasse
- Alluvions graveleuses anciennes
- Glacis et palier d'érosion
- Manteau d'altération argileuse
- Molasses
- Argiles et argiles palustres
- Argiles à graviers
- Marnes et marno-calcaires
- Argiles bariolées
- Argilites et pélites gréseuses

Illustration 16 - Localisation des sinistres sur la carte des formations argileuses et marneuses du département

● Sinistre

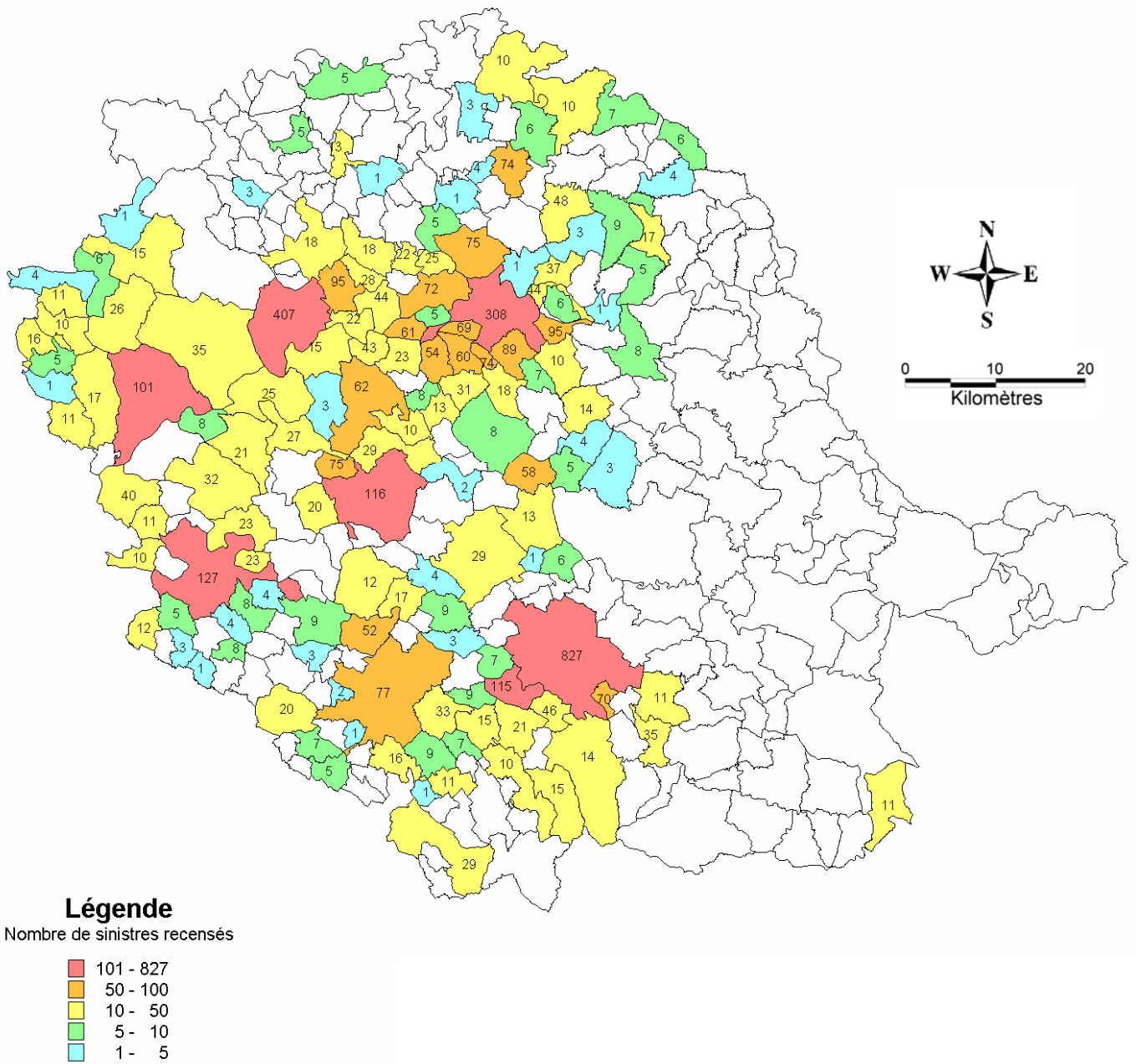


Illustration 17 – Nombre de sinistres recensés par commune

Le nombre de sinistres par commune est très variable puisque les 3 communes déjà citées en réunissent 1542 (32% des sinistres) alors qu'une dizaine d'entre elles ne sont affectées que par un seul. Globalement la concentration des dommages est assez forte puisque 45% des communes enregistrent plus de 11 dommages et que les 7 qui dépassent 100 sinistres rassemblent 42% du total recensé.

La liste des sinistres recensés avec leurs coordonnées en projection Lambert II étendu est présentée en annexe 4. Pour des raisons de confidentialité, les noms et adresses des sinistrés, qui avaient été collectés pour supprimer les doublons, n'apparaissent pas dans ce tableau. Pour alléger le rapport, seule la première page de la liste est donnée à titre d'exemple. L'intégralité du fichier est donnée sur le cdrom qui accompagne le rapport.

6.4. REPARTITION DES SINISTRES PAR FORMATION GEOLOGIQUE ET DENSITES DE SINISTRES

6.4.1. Densité de sinistre rapportée à la surface d'affleurement des formations géologiques

La nature géologique des terrains affleurants constitue le principal facteur de prédisposition au phénomène de retrait-gonflement, ce qui conduit à étudier la répartition des sinistres par formation géologique. Pour chacun des 4787 sinistres recensés et localisés, le croisement avec la carte des formations argileuses et marneuses a permis de déterminer la nature de la formation concernée (cf. illustration 16). Pour chacune de ces formations sont indiquées, dans l'illustration 18, le nombre de sinistres recensés, la superficie de la formation, et la densité de sinistres pour 100 km² d'affleurement.

Il apparaît ainsi que 97,6 % des sinistres sont localisés sur des formations identifiées comme argileuses ou marneuses, bien que ces dernières n'occupent que 59% de la surface du département. Ces résultats indiquent une assez bonne corrélation entre la carte de répartition des sinistres et celle des faciès argileux, même si la présence de concentrations urbaines peut fausser un peu cette constatation. Toutefois la présence, même en petit nombre, de sinistres sur les formations non argileuses confirme l'intérêt d'une étude géologique et ou géotechnique « à la parcelle » lors de l'implantation d'une habitation.

La sensibilité des formations molassiques et alluviales au phénomène de retrait-gonflement ressort également de l'examen du tableau puisque 61,4% des sinistres y sont concentrés. Il faut souligner ici l'effet de la prise en compte des nouveaux contours de la carte géologique de Castres à l'échelle du 1/50 000 et de la nouvelle enquête auprès des municipalités à l'issue de la canicule de 2003. Par exemple, la superficie des molasses diminue et celles des formations solifluées et des colluvions augmentent. C'est toutefois l'augmentation des points de dommage qui semble avoir le plus d'impact sur la sensibilité apparente des formations. Par exemple, le nombre de sinistres double (à 445) sur les formations solifluées et triple (à 515) sur les colluvions.

Toutefois la concentration, liée aux sites urbains, évoquée précédemment est susceptible de modifier pour partie ces résultats.

6.4.2. Densité de sinistre rapportée à la surface urbanisée

Etant donné que les surfaces d'affleurement des différentes formations géologiques sont extrêmement variables, il est important de raisonner non pas en nombre mais en densité de sinistres par formation géologique (ramenée à 100 km² de surface d'affleurement). Cependant, il faut garder à l'esprit que l'urbanisation n'est pas uniforme sur l'ensemble du département et cela peut donc biaiser l'analyse sur les densités de sinistres par formation. En effet, une formation géologique s'étendant principalement en milieu très peu habité aura moins de risque de donner lieu à des sinistres sur le bâti qu'une formation très urbanisée. Cela explique que l'on ait été amené à raisonner sur les densités de sinistres par formation géologique, ramenées à 100 km² de surface effectivement urbanisée.

N° formation	Nature de la formation	Surface d'affleurement		Densité de sinistres recensés		Densité de sinistres ramenée à la surface urbanisée		Note de densité de sinistres	
		Valeur (km²)	Proportion/ superficie département (%)	Nombre de sinistres	Nombre de sinistres pour 100 km² d'affleurement	Surface urbanisée (km²)	% de surface urbanisée		Densité pour 100 km² urbanisés
1	Formations solifluées	531,20	9,20	445	84	6,10	1,15	7 295	3
2	Colluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses	481,00	8,33	515	107	10,72	2,23	4 804	2
3	Formations résiduelles argilo-limono-sableuses	47,70	0,83	154	323	1,38	2,89	11 159	3
4	Limons sur alluvions	309,10	5,36	858	278	19,98	6,46	4 294	2
5	Alluvions graveleuses récentes	200,40	3,47	359	179	20,06	10,01	1 790	1
6	Alluvions tributaires de la molasse	101,20	1,75	105	104	2,18	2,15	4 817	2
7	Alluvions graveleuses anciennes	261,50	4,53	731	280	39,81	15,22	1 836	1
8	Glacis et palier d'érosion	198,40	3,44	124	63	6,17	3,11	2 010	1
9	Manteau d'altération argileuse	16,30	0,28	17	104	0,18	1,10	9 444	3
10	Molasses	880,00	15,25	887	101	19,30	2,19	4 596	2
11	Argiles et argiles palustres	31,90	0,55	296	928	3,90	12,23	7 590	3
12	Argiles à graviers	295,60	5,12	162	55	8,82	2,98	1 837	1
13	Marnes et marno-calcaires	21,70	0,38	6	28	0,23	1,06	2 609	1
14	Argiles bariolées	2,00	0,03	0	0	0,00	0,00	0	1
15	Argilites et pélites gréseuses	56,00	0,97	15	27	0,52	0,93	2 885	1
	Total Formations argileuses	3434,00	59,50	4674	136	139,35	4,06	3 354	
	Moyenne Formations argileuses								
	Formations non argileuses	2 308,00	39,99	113	5	29,56	1,28	382	1
	Réseau hydrographique	29,00	0,50						
	TOTAL Département	5 771,00	100,00	4787	83	168,91	2,93	2 834	
	Moyenne Département								

Illustration 18 - Répartition des sinistres sur les surfaces d'affleurement des formations géologiques et pondération en fonction des surfaces urbanisées

6.4.3. Détermination de la densité de sinistres par formation

Les contours des zones urbanisées ont été tracés à partir de la carte des zones urbanisées de Corinne Land-Cover (données IFEN), complétée et actualisée, le cas échéant, par numérisation des contours des zones bâties du département extraits des cartes topographiques IGN à l'échelle du 1/25 000 (cf. illustration 19). Ils ont ensuite été combinés à la carte synthétique des formations argileuses et marneuses. Ceci a permis de calculer, pour chacune des 15 formations argileuses ou marneuses du département, la surface d'affleurement qui se trouve être réellement urbanisée. Il est à noter que ces contours sont donnés à titre indicatif et peuvent présenter quelques décalages avec la réalité, notamment dans les secteurs urbanisés très récemment.

La surface totale des zones urbanisées du département a été ainsi estimée à 169 km², soit environ 2,9 % de la superficie du département, proportion relativement faible qui traduit bien le caractère principalement rural du département, même si le caractère approché de la délimitation des zones urbanisées contribue certainement à cette valeur basse.

La combinaison de la carte synthétique des formations argileuses et marneuses, avec celle des zones urbanisées permet de calculer les densités de sinistres par formation géologique, en prenant en compte la surface de la zone urbanisée de la formation. Les résultats montrent que la surface totale occupée par les zones urbanisées dans les formations géologiques argileuses et marneuses est de l'ordre de 142 km², soit environ 4 % de leur surface totale d'affleurement, et indiquent la superficie urbanisée et le nombre de sinistres recensés pour chaque formation géologique argileuse (illustration 18).

Ces résultats montrent que la prise en compte du taux d'urbanisation modifie sensiblement la hiérarchisation des formations géologiques en terme de densité de sinistres, dans la mesure où le taux d'urbanisation varie fortement d'une formation à l'autre. Les deux cas suivant peuvent être cités comme exemples :

- les alluvions graveleuses anciennes présentent une densité de 280 sinistres pour 100 km² d'affleurement et 1 836 pour 100 km² d'affleurement urbanisé,
- à l'inverse, les molasses ne sont affectées que de 101 sinistres pour 100 km² d'affleurement, soit 2,8 fois moins que précédemment, et 4 596 pour 100 km² d'affleurement urbanisé, soit près de 2,5 fois plus.

Ces résultats indiquent également (illustration 18) que la densité de sinistres rapportée à 100 km² d'affleurement réellement urbanisé est en moyenne de 3 354 pour les formations argileuses ou marneuses et qu'elle est de 382 pour les autres formations jugées a priori non argileuses.

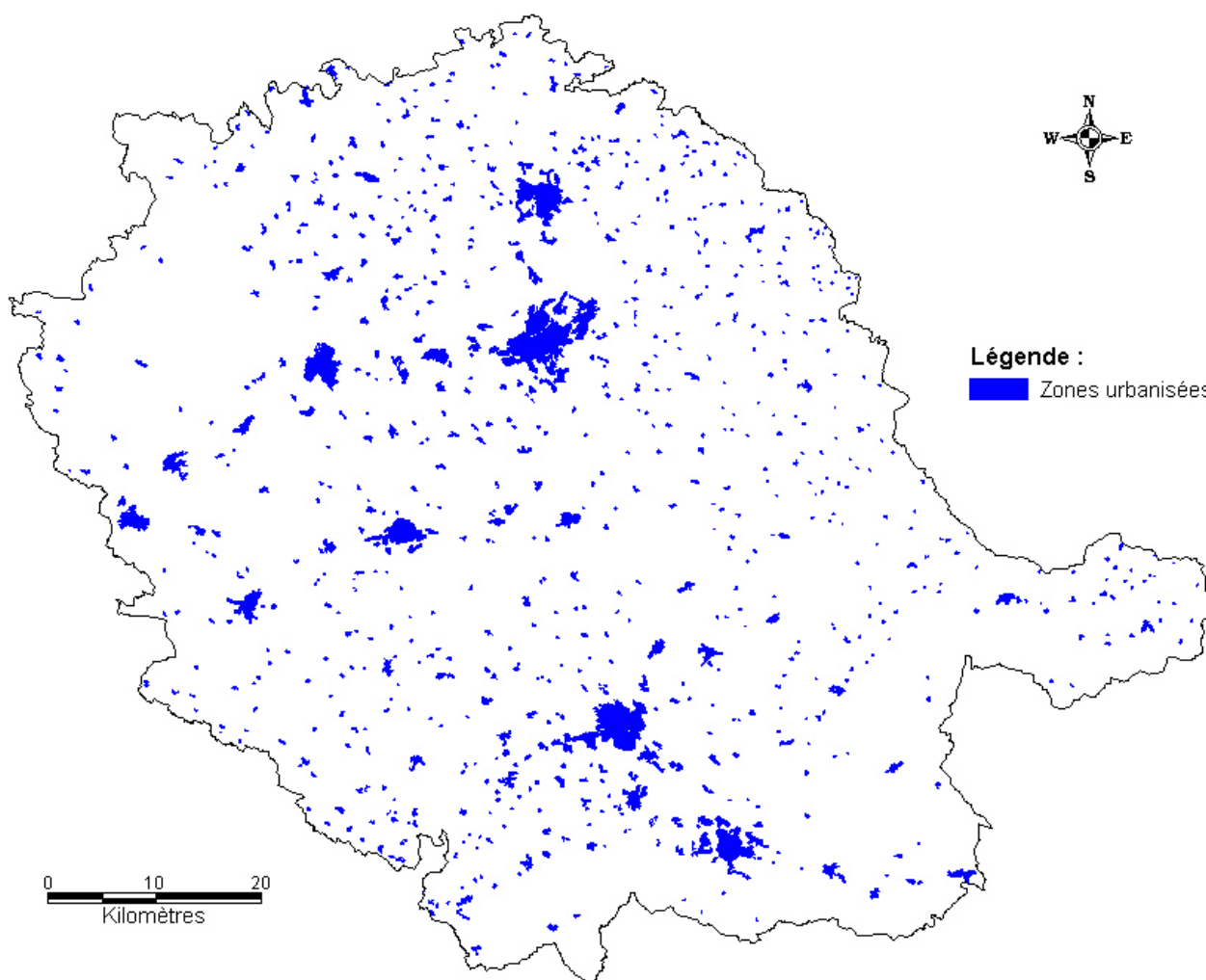


Illustration 19 – Carte des zones urbanisées

Afin de hiérarchiser les formations argileuses selon leur degré de sinistralité, c'est ce seuil moyen de 3 354 sinistres pour 100 km² urbanisés qui a été retenu comme référence et à partir duquel ont été définies les coupures suivantes pour l'attribution des notes caractérisant la sinistralité :

- *note 1* : moins de 3 354 sinistres pour 100 km² de surface urbanisée dans la formation (ce qui correspond aux formations ayant une densité inférieure à la moyenne des zones argileuses) ;
- *note 2* : entre 3 354 et 6 708 sinistres pour 100 km² de surface urbanisée dans la formation (ce qui correspond aux formations ayant une densité supérieure à la moyenne des zones argileuses et inférieure à deux fois cette moyenne) ;

- *note 3* : plus de 6 708 sinistres pour 100 km² de surface urbanisée dans la formation (ce qui correspond aux formations ayant une densité supérieure à deux fois la moyenne des zones argileuses).

La note caractérisant ainsi la sinistralité des formations argileuses du département est indiquée dans la dernière colonne de l'illustration 18. L'examen du tableau permet de noter que la formation qui ne présente pas de sinistre possède une surface d'affleurement très faible (2 km²), si bien que la note de sinistralité n'y est pas réellement significative. Il est enfin intéressant de noter que les formations résiduelles argilo-limono-sableuses (Quaternaire) qui présentent la densité de sinistres la plus élevée ont la même note (3) en Haute-Garonne.

Les résultats montrent une certaine relation entre la notation de la susceptibilité et celle de la densité des sinistres, puisque :

- à l'exception d'une seule, les formations ayant obtenu une note de densité de sinistres ≥ 2 ont une note de susceptibilité de 2,
- les 7 formations ayant obtenu une note de densité de sinistres de 1 ont une note de susceptibilité de 1,
- seule 1 formation (Manteau d'altération argileuse) ayant obtenu une note de susceptibilité de 1 a une note de densité de sinistres de 3, avec seulement 17 sinistres mais une faible surface urbanisée.

Il est à noter que l'apport des modifications tant cartographiques (carte de Castres) que du recensement des sinistres (seconde enquête) se traduit par une tendance à augmenter les notes de densité de sinistre (une formation passe de 2 à 3 et deux formations passent de 1 à 3). L'exemple le plus marquant correspond à la formation des argiles et argiles palustres qui ne figuraient pas sur la carte géologique à l'échelle du 1/80 000 initialement utilisée. Elles sont présentes sur la nouvelle carte et, en particulier sur la commune de Castres,- sont à l'origine des nombreux sinistres enregistrés à l'issue de la canicule de l'été 2003.

7. Carte d'aléa

7.1. DETERMINATION DU NIVEAU D'ALEA

L'aléa retrait-gonflement des argiles est, par définition, la probabilité d'occurrence du phénomène. Le niveau d'aléa a été ici évalué, de manière purement qualitative, pour chaque formation argileuse et marneuse, en combinant la susceptibilité et la densité de sinistres :

- La susceptibilité des formations argileuses et marneuses identifiées a été caractérisée à partir de la moyenne des notes attribuées pour chacun des critères lithologique, minéralogique et géotechnique, comme indiqué au chapitre 5. L'indice de susceptibilité ainsi obtenu a été décliné en deux classes, qualifiées respectivement par une susceptibilité faible et moyenne, et prend donc les valeurs 1 ou 2.
- Pour le facteur densité de sinistres, le critère utilisé est la densité de sinistres rapportée à 100 km² d'affleurement réellement urbanisé. Il prend 3 valeurs (1, 2 ou 3) en fonction de la valeur de la densité moyenne des formations argileuses, soit 3354 pour le département du Tarn, comme vu au chapitre précédent.

Etant donné que la susceptibilité des formations géologiques a été définie en se basant sur trois critères différents (lithologique, minéralogique et géotechnique) et qu'elle représente une caractéristique intrinsèque de la formation, il a été décidé d'accorder deux fois plus de poids à l'indice de susceptibilité qu'à la note de densité de sinistres, et ceci conformément à la méthodologie validée au niveau national. Pour chaque formation argileuse ou marneuse, l'indice d'aléa est calculé en additionnant la note de densité de sinistres et le double de la note de susceptibilité. La valeur ainsi obtenue est un entier potentiellement compris entre 3 et 9. Les formations sont ensuite hiérarchisées en prenant en compte les coupures suivantes, qui permettent de définir trois niveaux d'aléa (faible, moyen et fort) :

- aléa faible : note d'aléa égale à 3, 4 ou 5
- aléa moyen : note d'aléa égale à 6 ou 7
- aléa fort : note d'aléa égale à 8 ou 9

Le classement ainsi obtenu est présenté sur l'illustration 20. Il apparaît sur ce tableau qu'aucune formation n'est classée en aléa fort.

Six formations sont considérées en aléa moyen, qui résulte, très logiquement, d'une susceptibilité moyenne associée à une densité de sinistre moyenne à forte. Les autres formations ont une note d'aléa faible résultant de la combinaison d'une susceptibilité faible et d'une sinistralité moyenne à forte.

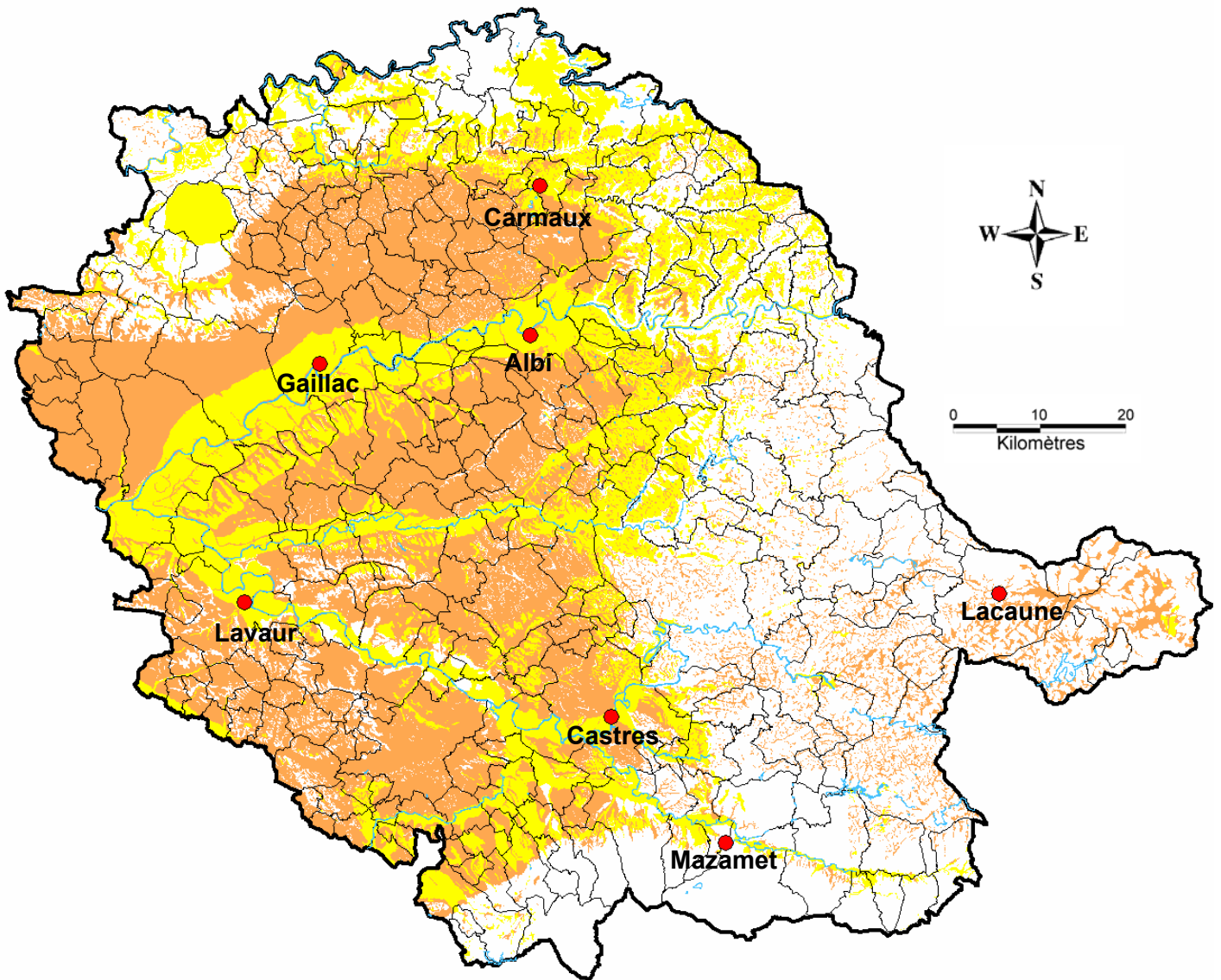
N°	Nature de la formation	Note de densité de sinistres	Susceptibilité	Note d'aléa	Classification de l'aléa
1	Formations solifluées	3	2	7	moyen
2	Colluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses (quaternaire)	2	2	6	moyen
3	Formations résiduelles argilo-limono-sableuses (quaternaire)	3	2	7	moyen
4	Limons sur alluvions du quaternaire	2	1	4	faible
5	Alluvions graveleuses récentes (quaternaire)	1	1	3	faible
6	Alluvions tributaires de la molasse (quaternaire)	2	2	6	moyen
7	Alluvions graveleuses anciennes (quaternaire)	1	1	3	faible
8	Glacis et palier d'érosion	1	1	3	faible
9	Manteau d'altération argileuse (quaternaire)	3	1	5	faible
10	Molasses de l'Eocène et l'Oligocène	2	2	6	moyen
11	Argiles et argiles palustres (Eocène-Oligocène)	3	2	7	moyen
12	Argiles à graviers de l'Eocène	1	1	3	faible
13	Marnes et marno-calcaires du Jurassique	1	1	3	faible
14	Argiles bariolées du Keuper	1	1	3	faible
15	Argilites et pélites gréseuses (Carbonifère-Permien)	1	1	3	faible

Illustration 20 - Calcul du niveau d'aléa des formations argileuses et marneuses

7.2. CARTE D'ALEA

La carte départementale d'aléa a été tracée à partir de la carte synthétique des formations argileuses et marneuses, en attribuant à chacune des formations identifiées la classe d'aléa définie ci-dessus. Le résultat de cette carte, qui est identique à la carte de susceptibilité établie précédemment, est présenté sur l'illustration 21 et en carte hors-texte 3 à l'échelle 1/125 000 où les contours des communes sont également reportés. Son échelle de validité est au mieux celle du 1/50 000 pour les raisons énoncées dans l'exposé méthodologique.

Les zones blanches de la carte, qui couvrent environ 40 % de la superficie départementale, correspondent aux formations a priori non argileuses, et donc théoriquement dépourvues de tout retrait-gonflement. Il n'est toutefois pas exclu que, sur ces derniers secteurs considérés d'aléa a priori nul, se trouvent localement des zones argileuses d'extension limitée, notamment dues à l'hétérogénéité de certaines formations essentiellement sableuses ou à l'altération localisée de formations carbonatées. Ces placages ou lentilles argileuses, non cartographiés sur les cartes



Légende

- Aléa faible
- Aléa moyen
- Formations a priori non argileuses
- Villes principales
- Réseau hydrographique

Illustration 21 – Carte départementale de l'aléa retrait-gonflement des argiles

géologiques, et pour la plupart non cartographiables à l'échelle départementale, sont susceptibles de provoquer localement des sinistres.

Les formations argileuses et marneuses sont représentées par deux couleurs (jaune, et orange) selon leur niveau croissant d'aléa retrait-gonflement, qualifié respectivement de faible et moyen.

Les six formations classées en aléa moyen couvrent 36 % du département du Tarn (illustration 22). Elles affleurent principalement dans l'Ouest du département qui correspond à la plaine d'épandage des molasses et des formations alluviales, au pied des reliefs de la bordure du Massif Central.

Les neuf formations classées en aléa faible occupent 24 % de la superficie départementale. Hormis pour les alluvions, elles affleurent en bordure nord et est du département.

7.3. COMPARAISON DES RESULTATS OBTENUS AVEC LES DEPARTEMENTS VOISINS DEJA CARTOGRAPHIES

La comparaison des résultats obtenus montre que les niveaux de susceptibilité et d'aléa ainsi attribués sont comparables à ceux des départements voisins déjà étudiés (Haute-Garonne et Tarn-et-Garonne). Cela paraît tout à fait logique tant du point de vue de la géologie (similarité des types de matériaux et de leur mode de mise en place) que de l'approche méthodologique (prise en compte des résultats obtenus dans les départements voisins pour pondérer les résultats des analyses par exemple).

7.4. SYNTHÈSE DE L'ALÉA RETRAIT-GONFLEMENT DANS LE TARN

Le département du Tarn montre une forte sinistralité (4787 sinistres recensés) essentiellement concentré sur 60% de son territoire qui correspond à des formations géologiques principalement représentées par les molasses. Cette sinistralité élevée paraît toutefois en partie liée à la concentration urbaine qui se produit au niveau des communes d'Albi, de Castres, de Gaillac et de Lavaur, la seconde dépassant les 800 sinistres déclarés et approchant les 950 si la commune voisine de Saïx lui est jointe.

Cette carte d'aléa est valide à une échelle de l'ordre du 1/50 000 et une de ses finalités est de servir de support à la prévention du risque à l'échelle départementale. Le niveau d'aléa correspond ainsi à la probabilité d'occurrence d'un sinistre, en un lieu donné, estimée de façon qualitative.

A l'échelle d'un projet de construction, la forte hétérogénéité des formations, telle qu'elle se manifeste à l'échelle départementale, amène à considérer le niveau d'aléa d'une formation comme une probabilité plus ou moins grande de rencontrer, au niveau de la parcelle considérée, des argiles sujettes au phénomène de retrait-gonflement. Cela souligne ainsi l'importance de réaliser une étude de sol avant tout projet de construction dans une zone soumise à un aléa : la description de la formation et sa

caractérisation vis à vis du phénomène de retrait-gonflement, telles qu'elles ont été conduites dans cette étude, peuvent alors servir de guide pour analyser les résultats obtenus sur la parcelle et les replacer dans le contexte plus général de la formation géologique identifiée.

La présence de sinistres, même en petit nombre, dans les formations classées en aléa nul, suggère que la recommandation précédente est à renouveler. Des argiles de décalcification dans les calcaires, des lentilles d'argiles dans des niveaux réputés gréseux ou des placages d'altérites argileuses sur les schistes peuvent présenter une certaine sensibilité au retrait-gonflement et être à l'origine de dommages localisés.

N° formation	Nature de la formation	Surface d'affleurement		Classe d'aléa
		Valeur (km²)	Proportion/superficie département (%)	
1	Formations solifluées	531,20	9,20	moyen
2	Colluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses	481,00	8,33	moyen
3	Formations résiduelles argilo-limono-sableuses	47,70	0,83	moyen
6	Alluvions tributaires de la molasse	101,20	1,75	moyen
10	Molasses	880,00	15,25	moyen
11	Argiles et argiles palustres	31,90	0,55	moyen
Total des formations classées en aléa moyen		2073,00	35,92	
4	Limons sur alluvions	309,10	5,36	faible
5	Alluvions graveleuses récentes	200,40	3,47	faible
7	Alluvions graveleuses anciennes	261,50	4,53	faible
8	Glacis et palier d'érosion	198,40	3,44	faible
9	Manteau d'altération argileuse	16,30	0,28	faible
12	Argiles à graviers	295,60	5,12	faible
13	Marnes et marno-calcaires	21,70	0,38	faible
14	Argiles bariolées	2,00	0,03	faible
15	Argilites et pélites gréseuses	56,00	0,97	faible
Total des formations classées en aléa faible		1361,00	23,58	
Total des formations argileuses		3434,0	59,5	
Formations non argileuses		2308,0	40,0	
Réseau hydrographique		29,0	0,5	
TOTAL Département		5771,0	100,0	

Illustration 22 - Classement des formations en fonction de leur niveau d'aléa

8. Conclusion

L'objectif de cette étude était d'établir une carte de l'aléa lié au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux dans le département du Tarn, essentiellement basée sur une interprétation des cartes géologiques existantes, associée à une synthèse d'un nombre d'informations, le plus grand possible, concernant la susceptibilité au phénomène des formations argileuses ou marneuses et la localisation des sinistres liés aux mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols.

Cette démarche s'inscrit dans le cadre d'une méthodologie globale mise au point par le BRGM à la demande du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable et de la profession des assureurs. Cette démarche méthodologique a été élaborée lors d'études similaires menées dans les Alpes de Haute-Provence et les Deux-Sèvres, puis a été appliquée à une vingtaine d'autres départements dont la Haute-Garonne, le Gers et le Tarn-et-Garonne. D'autres études départementales sont actuellement en cours de réalisation, et à terme, ce seront au moins 33 départements qui devraient faire l'objet d'une telle cartographie.

La démarche de l'étude a d'abord consisté en l'établissement d'une cartographie départementale synthétique des formations argileuses ou marneuses affleurantes à sub-affleurantes, à partir de la synthèse des cartes géologiques à l'échelle du 1/50 000 et d'observations bibliographiques existantes. La carte synthétique recense en définitive 15 formations argileuses ou marneuses, dont une des caractéristiques est la forte hétérogénéité lithologique, liée à leurs conditions de dépôts ou leur altération superficielle.

Ces formations argileuses et marneuses identifiées ont fait l'objet d'une hiérarchisation quant à leur susceptibilité vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Cette classification a été établie sur la base de trois caractéristiques principales quantifiables : la nature lithologique dominante des formations, la composition minéralogique de leur phase argileuse (proportion de minéraux gonflants de type smectites et interstratifiés smectites/illite) et leur comportement géotechnique (évalué principalement à partir de la valeur de bleu et de l'indice de plasticité).

D'autres facteurs de prédisposition ou de déclenchement sont connus pour jouer un rôle dans la répartition de l'aléa. Mais la plupart, d'extension purement locale, tels que la végétation arborée, certaines actions anthropiques ou les défauts de fondation, ne peuvent être pris en compte dans le cadre d'une étude réalisée à l'échelle départementale, malgré leur importance souvent déterminante. D'autres, tels que le contexte hydrogéologique, la répartition géographique des déficits hydriques et la configuration topographique n'ont par ailleurs pas été jugés suffisamment discriminants pour être pris en considération dans l'élaboration de la carte d'aléa.

En définitive, la carte départementale d'aléa a été établie à partir de la carte synthétique des formations argileuses et marneuses, après une seconde hiérarchisation des formations prenant en compte non seulement la susceptibilité des formations identifiées, mais aussi la probabilité d'occurrence du phénomène. Cette dernière a été évaluée à partir du recensement des sinistres, en calculant pour chaque formation sélectionnée une densité de sinistres, rapportée à la surface d'affleurement réellement urbanisée dans cette formation, ceci afin de permettre des comparaisons fiables entre formations. Au total, 4 787 sinistres répartis dans 142 communes du département ont ainsi été recensés et localisés. Cet échantillon, bien qu'assurément non exhaustif, paraît très largement représentatif du phénomène tel qu'il a été observé à ce jour dans le département.

Deux niveaux d'aléa (moyen et faible) ont été distingués afin de hiérarchiser les formations argileuses et marneuses vis à vis du phénomène de retrait-gonflement. Sur les 5771 km² de superficie du département,

- 35,92 % sont classés en aléa moyen,
- 23,58 % sont classés en aléa faible,
- 40,5 %, qui comprennent la surface occupée par le réseau hydrographique, sont considérés comme présentant un aléa a priori nul.

Il n'est toutefois pas exclu que, sur ces derniers secteurs considérés d'aléa a priori nul, se trouvent localement des zones argileuses d'extension limitée, notamment dues à la forte hétérogénéité de certaines formations essentiellement sableuses présentant des lentilles argileuses ou à l'altération localisée de formations carbonatées ou schisteuses. Ces placages ou lentilles argileuses, non cartographiés sur les cartes géologiques (et pour la plupart non cartographiables à l'échelle départementale), sont susceptibles de provoquer localement des sinistres.

Cette carte d'aléa retrait-gonflement des terrains argileux du département du Tarn, dont l'échelle de validité est de l'ordre du 1/50 000 et qui est présentée sous format papier à l'échelle 1/125 000, pourra servir de base à des actions d'information préventive dans les communes les plus touchées par le phénomène. Elle constitue également le point de départ pour l'élaboration de Plans de Prévention des Risques naturels (PPR), en vue d'attirer l'attention des constructeurs et maîtres d'ouvrages sur la nécessité de respecter certaines règles constructives préventives dans les zones soumises à l'aléa retrait-gonflement, en fonction du niveau de celui-ci.

Cet outil réglementaire devra insister sur l'importance d'une étude géotechnique à la parcelle comme préalable à toute construction nouvelle dans les secteurs concernés par les formations géologiques à aléa jugé moyen ou faible, notamment en raison de la forte hétérogénéité des formations du département. A défaut, il conviendra de mettre en œuvre des règles constructives type par zones d'aléa, visant à réduire le risque de survenance de sinistres.

9. Bibliographie

Biddle P.G. (1983) – Patterns of soil drying and moisture deficit in the vicinity of trees on clay soils. *Geotechnique*. Vol. XXXIII, pp. 107-126.

Bouchut J., Giot D., Cruz Mermy D., avec la collaboration de **Demelemestre F., Halbwachs C.** (2004) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Loir-et-Cher. Rapport BRGM/RP-52950-FR. 192 p., 28 ill., 6 ann., 3 cartes h.-t..

Caillère S., Hénin S. (1963) – Minéralogie des argiles. Masson, Paris, 343 p.

Carrière M., Chevalier M., Toulemont M. et Verdier M. (1996) – Sécheresse et catastrophe naturelle. Aspects techniques, juridiques et administratifs. "Le comportement des sols et des ouvrages pendant et après les périodes de sécheresse". *Journées d'étude de l'École des Ponts*, Paris, 11-12/12/1996.

CEBTP sous l'égide de l'AQC, l'APSAD, l'AFAC, la CCR et la FNB (1991) – Détermination des solutions adaptées à la réparation des désordres des bâtiments provoqués par la sécheresse. *Guide pratique CEBTP*, 3 fascicules.

Chassagneux D., Meisina C., Vincent M., Ménillet F., Baudu R. (1998) – Guide synthétique pour la prise en compte de l'aléa retrait-gonflement à l'échelle nationale. *Rapport BRGM R40355*, 33 p., 6 fig., 1 tabl., 1 ann., 1 pl. hors-texte.

Delpont G., Roudaut N., Vincent M., avec la collaboration de **Capdeville J.P.** (2002) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Tarn-et-Garonne. Rapport BRGM/RP-51893-FR, 84 p., 11 fig., 13 tab., 3 ann., 3 cartes hors texte, 1 cdrom.

Delpont G., Roudaut C., Vincent M., avec la collaboration de **Capdeville J.P.** (2002) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Haute Garonne. Rapport BRGM/RP-51894-FR, 84 p., 11 fig., 13 tab., 3 ann., 3 cartes hors texte, 1 cdrom.

Driscoll R. (1983) – The influence of vegetation on the swelling and shrinking of clay soils in Britain. *Geotechnique*. Vol. XXXIII, pp. 93-105.

Filliat G. (1981) – La pratique des sols et fondations – Editions du Moniteur. N° ISBN : 2-86282-162-4.

Habib P. (1992) – Les sécheresses de 1989 et 1990. *Revue Française de Géotechnique*, n° 58, p. 7-30.

- Kert C.** (1999) – Les techniques de prévision et de prévention des risques naturels en France. Rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. N° 1540 *Assemblée Nationale*, n° 312 Sénat, avril 1999.
- Krieg N.** (2000) – Sols argileux "sensibles" - Conséquences sur la construction en région Centre. Mémoire de maîtrise de géographie physique. Université Louis Pasteur.
- Magnan J.P. et Youssefian G.** (1989) – Essai au bleu de méthylène et classification géotechnique des sols. *Bull. Liaison Labo. Ponts et Chaussées*, 159, 93-104.
- Mastchenko A.** (2001) – Sécheresse et sols argileux. Projet industriel Alpha Sol. *Ecole des Mines d'Alès*, 74p., 9 ann..
- Millot G.** (1964) – Géologie des argiles. Masson, Paris, 499 p..
- Ministère de l'Environnement, Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques, Délégation aux Risques majeurs** (1993) – Sécheresse et Construction. *Guide de Prévention*. Edit. La Documentation Française, Paris.
- Mouroux P., Margron P., Pinte J.C.** (1988) - La construction économique sur sols gonflants. *Manuel et méthodes* n°14, 125 p., BRGM Editeur.
- Norie A., Vincent M.** (2000) - Etablissement de Plans de Prévention des Risques Naturels prévisibles : « mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux » - Approche méthodologique dans le département des Deux-Sèvres. *Rapport BRGM/RP-50591-FR*, 14 p., 4 fig., 4 ann..
- Norie A., Capdeville J.P., Vincent M.**, en collaboration avec **Delpont G., Schoen R., Krieg N.** (2001) – Cartographie de l'aléas retrait-gonflement des argiles dans le département du Gers. Rapport BRGM/RP-51251-FR, 100 p., 23 fig., 7 tab., 7 ann., 2 pl., 2 cartes hors texte.
- Philipponnat G.** (1991) – Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie. *Revue Française de Géotechnique*, n° 57, p. 5-22.
- Schaeffner M.** (1989) – Introduction de la valeur de bleu de méthylène d'un sol dans la classification des sols. Recommandation pour les terrassements routiers. *Bull. Liaison Labo. Ponts et Chaussées*, 163, 9-16.
- Serratrice J.F., Soyez B.** (1996) – Les essais de gonflement. *Bulletin des laboratoires des Ponts et Chaussées*, 204, p. 65-85.
- Taylor R.K. and Smith T. J.** (1986) – The engineering geology of clay minerals : swelling, shrinking and mudrock breakdown. *Clays Minerals*, n° 21, p.235-260.
- Tran Ngoc Lan** (1978) – Un nouvel essai d'identification des sols : l'essai au bleu de méthylène. *Bull. Liaison Labo. Ponts et Chaussées*, 88, pp. 136-137.

Vincent M., Le Nindre Y.M., Meisina C., Chassignol A.L. (1998) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Deux-Sèvres. *Rapport BRGM R 39967*, 89 p., 14 fig., 13 tab., 6 ann., 2 cartes hors-texte.

Vincent M. (2003) – Le risque de retrait-gonflement des argiles. Cahiers de l'IAURIF n° 138, pp. 95 à 101.

Vincent M. (2003) – Retrait-gonflement des sols argileux : méthode cartographique d'évaluation de l'aléa en vue de l'établissement de PPR – 3^{ème} Conférence SIRNAT – Forum des Journées pour la Prévention des Risques Naturels, Orléans, janv. 2003. Actes du Colloque, 7 p., 5 fig.

Vincent M. (2005) – Cartographie sous SIG de l'aléa retrait-gonflement des argiles à des fins préventives – France – Systèmes d'information géographique et gestion des risques, publication ISTED, janvier 2005, pp. 12 à 15

Notices des cartes géologiques des coupures suivantes :

- Caussade (905) : J. Astruc (1998),
- Najac (906) : M. Guillaume et B. Alabouvette (1989),
- Naucelle (907) : B. Alabouvette, J.P. Burg et A. Layreloup (1991),
- Nègrepelisse (931) : B. Muratet, J. Astruc et J. Fabre (2000)
- Albi (932) : J.P. Paris, M. Mouline, B. Delsahut, M. Durand-Delga, et P. Collomb (1989),
- Carmaux (933) : J. Guérangé-Lozes, M. Mouline et G. Sengès (1996),
- Réquista (934) : J. Guérangé-Lozes, J.P. Burg, C. Vinchon, B. Defaut et B. Alabouvette (1996),
- Villemur (957) : A. Cavaillé (1967),
- Gaillac (958) : A. Cavaillé (1971),
- Réalmont (959) : J. Guérangé-Lozes, M. Mouline et B. Delsahut (1996),
- St Sernin (960) : J. Guérangé-Lozes, B. Guérangé, B. Alabouvette, B. Defaut et P. Havlicheck (1999),
- Toulouse Est (984) : A. Cavaillé (1965),
- Lavaur (985) : M. Mouline (1970),
- Castres (231) : B. Gèze et J. Mattéi (1954),
- Lacaune (987) : M. Demange, J. Guérangé-Lozes et B. Guérangé (1996),
- Bédarieux (988), S. Bogdanoff, M. Donnot et J.M. Quénardel (1982),
- Revel (1011), M. Demange, B. Alabouvette, M. Mouline et J. Astruc (1997),
- Mazamet (1012) : P. Debat et M. Mouline (1979),
- Saint Pons (1013) : M. Alabouvette, M. Demange et H. Hechtler (1993).

Sites internet :

<http://www.meteofrance.fr> : site internet de Météo France.

<http://www.prim.net> : site internet sur les risques naturels majeurs du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable.

<http://www.rnde.tm.fr> : site internet relatif au Référentiel Hydrogéologique Français.

<http://mappy.fr> : site internet de cartographie routière et urbaine.

<http://www.argiles.fr> : site internet développé par le BRGM pour la prévention du risque de retrait-gonflement des argiles.

Annexe 1

Rappels sur le mécanisme de retrait-gonflement des argiles

Rappels sur le mécanisme de retrait-gonflement des argiles

Le terme argile désigne à la fois une classe granulométrique ($< 2 \mu\text{m}$) et une nature minéralogique correspondant à la famille des phyllosilicates.

Dans le cadre de cette étude, on s'intéressera essentiellement à la composante argileuse qui constitue les formations géologiques argileuses et/ou marneuses, affleurantes à sub-affleurantes. Dans cette approche géologique, on considère que celles-ci constituent les sols argileux. Cette approche est différente de celle consistant à prendre en compte les sols argileux s.s. dérivant de processus pédogénétiques superficiels complexes.

À l'échelle microscopique, les minéraux argileux se caractérisent par une structure minéralogique en feuillets. Ceux-ci sont constitués d'un assemblage de silicates (SiO_3) et d'aluminates (Al_2O_3) entre lesquels viennent s'interposer des molécules d'eau. La majorité des minéraux argileux appartient à la famille des phyllosilicates 2:1 (deux couches tétraédriques encadrant une couche octaédrique). La structure des assemblages cristallins est variable selon le type d'argile. Certains d'entre eux, telle que la montmorillonite, présentent des liaisons faibles entre feuillets, ce qui permet l'acquisition ou le départ de molécules d'eau.

L'hydratation des cations situés à la surface des feuillets provoque leur élargissement, ce qui se traduit par une augmentation du volume du minéral. C'est le phénomène de gonflement intracristallin ou interfoliaire. Le gonflement est lié au phénomène d'adsorption d'eau sur les sites hydrophiles de l'argile.

Ce processus est réversible. Un départ d'eau entraîne une diminution du volume du minéral. C'est le phénomène de retrait.

Les phénomènes de retrait-gonflement s'expriment préférentiellement dans les minéraux argileux appartenant au groupe des smectites (montmorillonite, beidellite, nontronite, saponite, hectorite, sauconite) et dans une moindre mesure au groupe des interstratifiés (alternance plus ou moins régulière de feuillets de natures différentes, par exemple illite – montmorillonite).

À l'échelle macroscopique, ces micro-agrégats de feuillets s'organisent en assemblages plus ou moins anisotropes et cohérents, en fonction de la forme des particules élémentaires qui les composent, et en fonction de la force des liaisons entre particules. Ces dernières sont assurées par des molécules d'eau intercalées. Ce mode d'assemblage, qui définit la texture du « sol argileux » dépend de la nature minéralogique des argiles, du mode de sédimentation et de l'état de consolidation du matériau. En particulier, une argile vasarde ne présentera pas la même texture – et donc pas la même cohésion – qu'une argile surconsolidée, par exemple à la suite d'un enfouissement à grande profondeur.

À cette échelle, la variation de teneur en eau dans le sol se traduit également par des variations de volume du matériau. On parle alors de gonflement interparticulaire. Ce

phénomène affecte toutes les argiles, mais son amplitude est nettement plus faible que le gonflement interfoliaire (qui n'affecte que certaines argiles).

Les sols argileux se caractérisent donc par une grande influence de la teneur en eau sur leur comportement mécanique. En géotechnique, on identifie d'ailleurs les différents types de sols argileux sur la base de ce critère. Pour cela on détermine les teneurs en eau (dites limites d'Atterberg) à partir desquelles le comportement du matériau se modifie. Atterberg, puis par la suite Casagrande, ont défini de façon conventionnelle, à partir de la teneur en eau, les limites de divers états de consistance d'un sol donné :

- la limite de liquidité W_L sépare l'état liquide de l'état solide ; elle correspond à la teneur en eau à partir de laquelle l'argile commence à s'écouler sous son poids propre ;
- la limite de plasticité W_P sépare l'état plastique de l'état solide (avec retrait) ; elle correspond à la teneur en eau en deçà de laquelle l'argile ne peut plus se déformer sans microfissuration ;

L'étendue du domaine plastique compris en ces deux valeurs est dénommée indice de plasticité : $IP = W_L - W_P$. Elle représente l'aptitude de l'argile à acquérir de l'eau.

- la limite de retrait W_R : lorsque la teneur en eau diminue en dessous de W_P , le volume de sol argileux se réduit progressivement, mais le matériau reste saturé en eau jusqu'à une valeur dite limite de retrait qui sépare l'état solide avec retrait de l'état solide sans retrait.

À partir de ce stade, si la dessiccation se poursuit, elle se traduit par une fissuration du matériau. En cas de réhydratation de l'argile, l'eau pourra circuler rapidement dans ces fissures. Au-delà de W_R , l'arrivée d'eau s'accompagnera d'une augmentation de volume, proportionnelle au volume d'eau supplémentaire incorporé dans la structure.

Les limites d'Atterberg, qui sont des teneurs en eau particulières, s'expriment, comme la teneur en eau W , en %.

Les phénomènes de retrait (liés à une diminution de volume du matériau qui se traduit, verticalement par un tassement, et horizontalement par une fissuration), et de gonflement (liés à une augmentation de volume), sont donc essentiellement causés par des variations de teneur en eau. En réalité, cependant, le phénomène est aussi régi par des variations de l'état de contrainte, et plus précisément par l'apparition de pressions interstitielles négatives.

Dans le cas d'un sol saturé, la contrainte verticale totale, qui règne dans le sol à une profondeur donnée, est la somme de la pression interstitielle due à l'eau et d'une contrainte dite effective qui régit le comportement de la phase solide du sol (pression intergranulaire). La contrainte totale est constante puisque liée à la charge exercée par les terrains sus-jacents (augmentée éventuellement d'une surcharge due, par exemple, à la présence d'une construction en surface). L'apparition d'une pression interstitielle négative, appelée succion, se traduit donc par une augmentation de la contrainte effective (c'est-à-dire une consolidation du squelette granulaire) et une expulsion d'eau.

Un sol argileux situé au-dessus du niveau de la nappe, et qui est saturé, est ainsi soumis à une pression de succion qui lui permet d'aspirer l'eau de la nappe, par capillarité, et de maintenir son état de saturation. Cette pression de succion peut atteindre des valeurs très élevées à la surface du sol, surtout si celle-ci est soumise à une évaporation intense.

Annexe 2

Résultats des analyses

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Tarn

N° formation	N° échantillons	Nature de la formation	sable grossier 0,2 à 2mm %	sable fin 50 à 200µm %	limon grossier 20 à 50µm %	limon fin 2 à 20µm %	argiles <à 2µm %
1	RG_81_2	Formations solifluées	28,13	17,35	17,45	16,74	20,33
2	RG_81_3	Colluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses	3,10	25,62	17,46	20,04	33,78
3	RG_81_19	Formations résiduelles argilo-limono-sableuses	9,59	22,35	22,96	24,90	20,20
3	RG_81_4	Formations résiduelles argilo-limono-sableuses	2,45	8,57	15,20	38,06	35,71
4	RG_81_1	Limons sur alluvions	15,51	15,31	17,24	22,35	29,59
5	RG_81_5	Alluvions graveleuses récentes	9,40	23,36	24,17	27,00	16,08
5	RG_81_6	Alluvions graveleuses récentes	55,56	8,05	11,31	12,33	12,74
6	RG_81_7	Alluvions tributaires de la molasse	32,64	26,03	14,57	15,81	10,95
7	RG_81_8	Alluvions graveleuses anciennes	19,19	38,78	15,13	13,40	13,50
7	RG_81_9	Alluvions graveleuses anciennes	38,60	19,71	14,07	15,30	12,32
8	RG_81_10	Glacis et palier d'érosion	12,72	24,10	22,05	26,77	14,36
10	RG_81_12	Molasses	10,05	16,41	14,97	28,00	30,56
10	RG_81_14	Molasses	26,40	15,29	13,35	18,55	26,40
10	RG_81_11	Molasses	6,01	15,60	14,68	20,80	42,92
10	RG_81_13	Molasses	9,89	20,59	10,50	22,53	36,49
11	RG_81_15	Argiles et argiles palustres	13,07	15,10	15,20	27,25	29,38
12	RG_81_16	Argiles à graviers	24,95	27,26	8,45	14,29	25,05
14	RG_81_17	Argiles bariolées	39,41	27,19	8,04	14,26	11,10
15	RG_81_18	Argilites et pélites gréseuses	5,21	24,41	12,36	26,35	31,66

1 - Résultats des analyses de granulométrie (échantillons du Tarn)

N° de formation	Numéro échantillons	Nature de la formation	Smectite	Interstratifiés	Illite/Mica	Kaolinite	Chlorite	Vermiculite
1	RG_81_2	Formations solifluées	0	64	21	15	traces	0
2	RG_81_3	Colluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses	0	76	14	6	4	0
3	RG_81_4	Formations résiduelles argilo-limono-sableuses	0	76	13	11	traces	0
3	RG_81_19	Formations résiduelles argilo-limono-sableuses	0	37	34	29	0	0
4	RG_81_1	Limons sur alluvions	traces	0	61	3	36	0
5	RG_81_5	Alluvions graveleuses récentes	0	0	66	9	22	3
5	RG_81_6	Alluvions graveleuses récentes	0	9	51	23	17	0
6	RG_81_7	Alluvions tributaires de la molasse	0	traces	55	18	27	traces
7	RG_81_8	Alluvions graveleuses anciennes	0	0	63	21	16	0
7	RG_81_9	Alluvions graveleuses anciennes	0	8	51	31	20	0
8	RG_81_10	Glacis et palier d'érosion	0	0	48	21	31	traces
10	RG_81_11	Molasses	0	10	74	16	0	0
10	RG_81_12	Molasses	0	64	18	18	traces	0
10	RG_81_13	Molasses	0	81	10	9	traces	0
10	RG_81_14	Molasses	0	84	10	6	traces	0
11	RG_81_15	Argiles et argiles palustres	0	71	14	15	traces	0
12	RG_81_16	Argiles à graviers	0	0	65	35	traces	0
14	RG_81_17	Argiles bariolées	0	traces	50	3	47	0
15	RG_81_18	Argilites et pélites gréseuses	0	0	38	25	37	traces

2 - Résultats des analyses de diffractométrie (échantillons du Tarn)

Numéro échantillon	Nature de la formation	Smectite	Interstratifiés	Illite/Mica	Kaolinite	Chlorite	Vermiculite
29223	Manteau d'altération argileuse (Quaternaire)	0	0	73	1	21	0
29224	Manteau d'altération argileuse (Quaternaire)	0	0	81	0	19	traces
29226	Formation loessique décalcifiée (Quaternaire)	0	0	77	9	14	0,0
29225	Eluvions limoneuses (Quaternaire)	0	0	63	11	26	
29202	Colluvions argilo-sableuses à argilo-graveleuses (Quaternaire)	46	0	27	18	0	9
29232	Colluvions argilo-sableuses à argilo-graveleuses (Quaternaire)	0	0	44	15	18	23,0
29247	Colluvions argilo-sableuses à argilo-graveleuses (Quaternaire)		73	22	5	0	0,0
29253	Colluvions argilo-sableuses à argilo-graveleuses (Quaternaire)	86	0	6	6	2	0,0
29222	Dépôts glaciaires (Quaternaire)	0	0	72	1	25	0,0
29242	Paléochenaux (Quaternaire)	0	69	17	4	10	0,0
29249	Paléochenaux (Quaternaire)	traces	0	58	25	17	0,0
2_6	Paléochenaux (Quaternaire)	0	0	58	25	0	17
29230	Limons sur alluvions (Quaternaire)	0	0	41	18	41	traces
29243	Limons sur alluvions (Quaternaire)	0	54	27	4	15	0,0
29248	Limons sur alluvions (Quaternaire)	traces	0	54	33	0	13
2_1	Limons sur alluvions (Quaternaire)	30	0	38	23	0	9
2_4	Limons sur alluvions (Quaternaire)	0	0	55	36	traces	9
29229	Alluvions tributaires de la molasse (Quaternaire)	46	0	28	8	8	0,0
29238	Alluvions tributaires de la molasse (Quaternaire)	0	79	12	5	4	0,0
29250	Alluvions tributaires de la molasse (Quaternaire)	56	0	22	13	9	0,0
2_5	Alluvions tributaires de la molasse (Quaternaire)	0	0	52	28	0	20
29257	Alluvions graveleuses anciennes (Quaternaire)	89	0	4	6	0	0
29244	Alluvions sablo-argileuses (Quaternaire)	0	67	19	11	3	0
29254	Alluvions sablo-argileuses (Quaternaire)	0	0	39	54	0	7
29239	Formation résiduelle sablo-argileuse (Quaternaire)	0	72	18	7	3	0,0
29231	Molasse (Oligocène-Miocène)	45	0	36	8	11	0,0
29233	Molasse (Oligocène-Miocène)	76	0	13	6	5	0,0
29237	Molasse (Oligocène-Miocène)	0	70	19	9	2	0,0
29251	Molasse (Oligocène-Miocène)	73	0	15	5	7	0,0
29256	Molasse (Oligocène-Miocène)	52	0	27	15	6	0,0
2_2	Molasse (Oligocène-Miocène)	89	0	7	4	0	0,0
29245	Molasse (Oligocène-Miocène)	0	78	16	6	0	0,0
29240	Argile palustre (Eocène-Oligocène)	0	73	16	7	5	0,0
29241	Argile palustre (Eocène-Oligocène)	0	35	38	19	8	0,0
29252	Argile palustre (Eocène-Oligocène)	43	0	34	10	13	0,0
29255	Argile palustre (Eocène-Oligocène)	13	0	10	77	0	0,0
2_3	Argile palustre (Eocène-Oligocène)	39	0	30	26	0	5
29227	Marnes et marno-calcaires (Oligocène-Miocène)	82	0	14	4	0	0,0
2_7	Marnes et marno-calcaires (Oligocène-Miocène)	0	0	52	45	0	3
29228	Argile bariolée gypsifère (Keuper)	0	0	5	36	55	0,0

3 - Résultats des analyses de diffractométrie

(échantillons de Haute-Garonne et de Tarn-et-Garonne)

N° de formation	N° échantillons	Nature de la formation	VBS en g de bleu pour 100g de matériau
1	RG_81_2	Formations solifluées	2,8
2	RG_81_3	Colluvions argilo-limono-sableuses à argilo-graveleuses	5,8
3	RG_81_4	Formations résiduelles argilo-limono-sableuses	4,4
3	RG_81_19	Formations résiduelles argilo-limono-sableuses	2,4
4	RG_81_1	Limons sur alluvions	3,7
5	RG_81_5	Alluvions graveleuses récentes	1,2
5	RG_81_6	Alluvions graveleuses récentes	0,7
6	RG_81_7	Alluvions tributaires de la molasse	0,6
7	RG_81_8	Alluvionsgraveleuses anciennes	0,7
7	RG_81_9	Alluvions graveleuses anciennes	1,2
8	RG_81_10	Glacis et pallier d'érosion	1,4
10	RG_81_11	Molasses	4,5
10	RG_81_12	Molasses	4,1
10	RG_81_13	Molasses	5,0
10	RG_81_14	Molasses	4,3
11	RG_81_15	Argiles et argiles palustres	3,6
12	RG_81_16	Argiles à graviers	1,6
14	RG_81_17	Argiles bariolées	0,7
15	RG_81_18	Argilites et pélites gréseuses	2,9

4 - Résultats des essais au bleu de méthylène (Département du Tarn)

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Tarn

Numéro de l'échantillon	Nature de la formation	VBS en g de bleu pour 100g de matériau	Numéro de l'échantillon	Nature de la formation	VBS en g de bleu pour 100g de matériau
29223	Manteau d'altération argileuse du Quaternaire	0,4	29257	Alluvions graveleuses anciennes du Quaternaire	6,9
29224	Manteau d'altération argileuse du Quaternaire	0,2	29244	Alluvions argilo-sableuses à argilo-graveleuses du Quaternaire	3,8
29226	Formation loessique décalcifiée du Quaternaire	0,9	29254	Alluvions argilo-sableuses à argilo-graveleuses du Quaternaire	2,7
29225	Eluvions limoneuses du Quaternaire	0,7	2_8	Alluvions argilo-sableuses à argilo-graveleuses du Quaternaire	4,5
29201	Colluvions argilo-sableuses à argilo-graveleuses du Quaternaire	4,7	29239	Formation résiduelle sablo-argileuse du Quaternaire	3,7
29202	Colluvions argilo-sableuses à argilo-graveleuses du Quaternaire	4,3	29203	Molasse de l'Oligocène-Miocène	7,5
29232	Colluvions argilo-sableuses à argilo-graveleuses du Quaternaire	0,7	29231	Molasse de l'Oligocène-Miocène	3,4
29246	Colluvions argilo-sableuses à argilo-graveleuses du Quaternaire	4,2	29233	Molasse de l'Oligocène-Miocène	4,6
29247	Colluvions argilo-sableuses à argilo-graveleuses du Quaternaire	1,4	29234	Molasse de l'Oligocène-Miocène	3,1
29253	Colluvions argilo-sableuses à argilo-graveleuses du Quaternaire	4,7	29236	Molasse de l'Oligocène-Miocène	2,7
29222	Dépôts glaciaires	0,7	29237	Molasse de l'Oligocène-Miocène	3,7
29230	Limons sur alluvions du Quaternaire	0,9	29239	Molasse de l'Oligocène-Miocène	3,7
29243	Limons sur alluvions du Quaternaire	3,6	29245	Molasse de l'Oligocène-Miocène	12,1
29248	Limons sur alluvions du Quaternaire	3,5	29251	Molasse de l'Oligocène-Miocène	4,4
2_1	Limons sur alluvions du Quaternaire	3,9	29256	Molasse de l'Oligocène-Miocène	3,8
2_4	Limons sur alluvions du Quaternaire	1,3	2_2	Molasse de l'Oligocène-Miocène	6
29242	Paléochenaux du Quaternaire	4,9	29240	Argile palustre de l'Eocène-Oligocène	3,7
29249	Paléochenaux du Quaternaire	3,1	29241	Argile palustre de l'Eocène-Oligocène	3
2_6	Paléochenaux du Quaternaire	1,4	29227	Marnes et marno-calcaires	5,2
29229	Alluvions tributaires de la Molasse du Quaternaire	1,9	2_7	Marnes et marno-calcaires	3,4
29238	Alluvions tributaires de la Molasse du Quaternaire	5,9	29228	Argile bariolée gypsifère du Keuper	3
29250	Alluvions tributaires de la molasse du Quaternaire	4,4			

LEGENDE

	Echantillons issus de la Haute-Garonne
	Echantillons issus du Tarn-et-Garonne

5 - Résultats des essais au bleu de méthylène (départements de Haute-Garonne et de Tarn-et-Garonne)

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Tarn

Formation géologique	Indice de plasticité Ip					Valeur de bleu Vb					Retrait linéaire RI					Coefficient de gonflement Cg					Indice de susceptibilité géotechnique	
	Nature	Nombre de mesures	Ip min	Ip max	Ip moy	Note	Nombre de mesures	Vb min	Vb max	Vb moy	Note	Nombre de mesures	RI min	RI max	RI moy	Note	Nombre de mesures	Cg min	Cg max	Cg moy		Note
Alluvions graveleuses récentes (Quaternaire)		21	13,0	16,0	13,1	2	10	0,4	0,4	0,43	1	1	0,40	0,40	0,40	2	2	0,03	0,04	0,036	3	2
Manteau d'altération argileuse (Quaternaire)							2	0,2	0,4	0,30	1											1
Formation loessique décalcifiée (Quaternaire)							1	0,9	0,9	0,90												1
Eluvions limoneuses (Quaternaire)							1	0,7	0,7	0,70												1
Dépôts glaciaires (Quaternaire)							1	0,7	0,7	0,70	1											1
Paléochenaux (Quaternaire)							2	3,1	4,9	4,00	2											2
Alluvions sablo-argileuses (Quaternaire)		1	30,0	32,0	31,0	3	3	2,7	4,5	3,60	2						1	0,03	0,03	0,030	2	2
Limons sur alluvions (Quaternaire)		108	1,0	53,0	19,6	2	47	1,1	6,1	2,65	2	47	0,45	0,52	0,45	2	87	0,02	0,10	0,037	3	2
Alluvions tributaire de la molasse (Quaternaire)		38	11,0	37,0	26,0	3	3	2,4	6,0	4,53	2	12	0,36	0,50	0,49	2	27	0,02	0,05	0,038	3	3
Alluvions graveleuses anciennes (Quaternaire)		26	14,0	51,0	24,8	2	1	2,7	2,7	2,70	2	38	0,41	0,53	0,45	2	24	0,01	0,04	0,025	2	2
Colluvions argilo-sableuses à argilo-graveleuses (Quaternaire)		14	22,0	48,0	28,2	3	6	0,7	4,7	3,33	2	5	0,40	0,52	0,48	2	14	0,01	0,04	0,028	2	2
Formation résiduelle sablo-argileuse (Quaternaire)							1	3,7	3,7	3,70	2											2
Molasse (Oligocène-Miocène)		97	3,0	42,0	25,7	3	17	0,1	8,1	3,98	2	62	0,31	0,53	0,46	2	89	0,02	0,05	0,039	3	2
Marnes et marno-calcaire (Oligocène-Miocène)		8	20,0	37,0	24,2	2	2	3,4	5,2	4,30	2	10	0,14	0,43	0,39	1	9	0,03	0,04	0,039	3	2
Argile palustre (Eocène-Oligocène)		1	27,0	27,0	27,0	3	2	3,0	3,7	3,35	2						1	0,04	0,04	0,041	3	2
Argile bariolée gypsifère (Keuper)							1	3,0	3,0	3,00	2											2
Total		314					99					175					254					

6 - Notes géotechniques (département de Haute-Garonne et Tarn-et-Garonne)

Annexe 3

Liste des 164 communes du Tarn reconnues en état de catastrophe naturelle au titre des mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols et dates des périodes de reconnaissance

Etat au 31 Mai 2005

Données transmises par la Préfecture du Tarn et complétées par le site internet www.prim.net (à fin novembre 2004)

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Tarn

Code INSEE	Commune	Date début de période	Date fin de période	Date de l'arrêté	Date de parution au JO
81001	Aguts	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81002	Aiguefonde	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81004	Albi	01/05/1989	31/12/1991	06/11/1992	18/11/1992
81004	Albi	01/01/1992	31/12/1995	09/12/1996	20/12/1996
81004	Albi	01/01/2002	30/09/2002	03/10/2003	19/10/2003
81004	Albi	01/09/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81004	Albi	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81004	Albi	01/01/1996	31/08/1998	19/03/1999	03/04/1999
81006	Algans	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81011	Ambres	01/01/1990	31/12/1990	27/12/2000	29/12/2000
81011	Ambres	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81011	Ambres	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81013	Andouque	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81015	Appelle	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81018	Arthès	01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
81018	Arthès	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81018	Arthès	01/01/2002	30/09/2002	03/10/2003	19/10/2003
81018	Arthès	01/07/2003	30/09/2003	11/01/2005	01/02/2005
81020	Aussac	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81022	Bannières	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81024	Beauvais-sur-Tescou	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81025	Belcastel	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81027	Belleserre	01/07/2003	30/09/2003	11/01/2005	01/02/2005
81032	Blan	01/01/1990	31/12/1990	27/12/2000	29/12/2000
81032	Blan	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81032	Blan	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81033	Blaye-les-Mines	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81038	Brens	01/01/2002	30/09/2002	03/12/2003	20/12/2003
81038	Brens	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81038	Brens	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81038	Brens	01/01/1990	31/12/1990	27/12/2000	29/12/2000
81039	Briatexte	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81039	Briatexte	01/01/1990	31/12/1990	17/12/2002	08/01/2003
81039	Briatexte	01/03/1998	31/12/1998	30/04/2002	05/05/2002
81040	Brousse	01/07/2003	30/09/2003	11/01/2005	01/02/2005
81043	Busque	01/05/1989	31/12/1991	06/11/1992	18/11/1992
81043	Busque	01/01/1992	31/12/1996	19/09/1997	11/10/1997
81043	Busque	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81043	Busque	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81045	Les Cabannes	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81046	Cadalen	01/05/1989	31/12/1990	14/01/1992	05/02/1992
81046	Cadalen	01/01/1991	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
81046	Cadalen	01/01/1992	31/08/1998	21/01/1999	05/02/1999
81046	Cadalen	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81046	Cadalen	01/09/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81048	Cagnac-les-Mines	01/05/1989	31/12/1991	06/12/1993	28/12/1993
81048	Cagnac-les-Mines	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81048	Cagnac-les-Mines	01/01/1992	31/12/1997	15/07/1998	29/07/1998
81049	Cahuzac	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81051	Cahuzac-sur-Vère	01/05/1989	31/12/1991	06/11/1992	18/11/1992
81051	Cahuzac-sur-Vère	01/01/1992	31/08/1998	19/03/1999	03/04/1999
81051	Cahuzac-sur-Vère	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81052	Cambon	01/05/1989	31/12/1991	06/11/1992	18/11/1992
81052	Cambon	01/01/2002	30/09/2002	03/12/2003	20/12/2003
81052	Cambon	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81052	Cambon	01/01/1992	31/08/1998	19/05/1999	05/06/1999
81054	Cambounet-sur-le-Sor	01/03/1998	31/12/1998	17/12/2002	08/01/2003
81054	Cambounet-sur-le-Sor	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81054	Cambounet-sur-le-Sor	01/01/1990	31/12/1990	17/12/2002	08/01/2003

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Tarn

Code INSEE	Commune	Date début de période	Date fin de période	Date de l'arrêté	Date de parution au JO
81056	Campagnac	01/03/1998	31/12/1998	06/07/2001	18/07/2001
81056	Campagnac	01/01/1990	31/12/1990	06/07/2001	18/07/2001
81059	Carlus	01/05/1989	31/12/1991	15/11/1994	24/11/1994
81059	Carlus	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81059	Carlus	01/01/1992	31/08/1998	21/01/1999	05/02/1999
81059	Carlus	01/09/1998	31/12/1998	17/12/2002	08/01/2003
81060	Carmaux	01/05/1989	31/12/1991	06/11/1992	18/11/1992
81060	Carmaux	01/03/1998	31/12/1998	01/08/2002	22/08/2002
81060	Carmaux	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81061	Castanet	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81063	Castelnau-de-Lévis	01/01/1990	31/12/1990	27/12/2000	29/12/2000
81063	Castelnau-de-Lévis	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81063	Castelnau-de-Lévis	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81064	Castelnau-de-Montmirail	01/07/2003	30/09/2003	11/01/2005	01/02/2005
81065	Castres	01/01/1992	30/09/1994	18/07/1995	03/08/1995
81065	Castres	01/05/1989	31/12/1991	06/11/1992	18/11/1992
81065	Castres	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81065	Castres	01/01/2002	30/09/2002	03/10/2003	19/10/2003
81065	Castres	01/08/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81065	Castres	01/10/1994	31/12/1997	15/07/1998	29/07/1998
81067	Cestayrols	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81069	Cordes-sur-Ciel	01/05/1989	31/12/1991	06/11/1992	18/11/1992
81069	Cordes-sur-Ciel	01/03/1998	31/12/1998	06/07/2001	18/07/2001
81069	Cordes-sur-Ciel	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81070	Coufouleux	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81070	Coufouleux	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81074	Cunac	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81075	Cuq	01/03/1998	31/12/1998	17/12/2002	08/01/2003
81075	Cuq	01/01/1990	31/12/1990	17/12/2002	08/01/2003
81075	Cuq	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81076	Cuq-Toulza	01/01/1990	31/12/1990	27/12/2001	18/01/2002
81076	Cuq-Toulza	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2001	18/01/2002
81076	Cuq-Toulza	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81078	Damiatte	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81078	Damiatte	01/01/1990	31/12/1990	06/07/2001	18/07/2001
81078	Damiatte	01/03/1998	31/12/1998	06/07/2001	18/07/2001
81079	Dénat	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81084	Escoussens	01/05/1989	30/09/1990	27/12/2000	29/12/2000
81084	Escoussens	01/03/1992	30/06/1992	27/12/2000	29/12/2000
81084	Escoussens	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81087	Fayssac	01/01/1990	31/12/1990	27/12/2000	29/12/2000
81087	Fayssac	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81087	Fayssac	01/01/2002	30/09/2002	03/12/2003	20/12/2003
81087	Fayssac	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81088	Fauch	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81090	Férols	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81092	Fiac	01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
81092	Fiac	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81093	Florentin	01/05/1989	31/12/1990	14/01/1992	05/02/1992
81093	Florentin	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81093	Florentin	01/01/1991	31/08/1998	21/01/1999	05/02/1999
81097	Fréjairrolles	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81098	Fréjeville	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81099	Gaillac	01/05/1989	30/09/1990	28/03/1991	17/04/1991
81099	Gaillac	01/10/1990	31/12/1991	06/11/1992	18/11/1992
81099	Gaillac	01/01/1992	31/07/1996	21/01/1997	05/02/1997
81099	Gaillac	01/01/2002	30/09/2002	03/10/2003	19/10/2003
81099	Gaillac	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81099	Gaillac	01/09/1998	31/12/1998	06/07/2001	18/07/2001
81099	Gaillac	01/08/1996	31/08/1998	21/01/1999	05/02/1999
81100	Garrevaque	01/07/2003	30/09/2003	11/01/2005	01/02/2005

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Tarn

Code INSEE	Commune	Date début de période	Date fin de période	Date de l'arrêté	Date de parution au JO
81101	Le Garric	01/05/1989	31/12/1991	06/12/1993	28/12/1993
81101	Le Garric	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81101	Le Garric	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81102	Le Garric	01/01/1992	31/12/1997	22/10/1998	13/11/1998
81101	Garrigues	01/07/2003	30/09/2003	11/01/2005	01/02/2005
81104	Giroussens	01/05/1989	31/12/1990	14/01/1992	05/02/1992
81104	Giroussens	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81104	Giroussens	01/05/1989	30/06/1996	12/03/1998	28/03/1998
81105	Graulhet	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2001	18/01/2002
81105	Graulhet	01/01/1990	31/12/1990	27/12/2001	18/01/2002
81105	Graulhet	01/01/2002	30/09/2002	03/12/2003	20/12/2003
81105	Graulhet	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81106	Grazac	01/01/1990	31/12/1990	27/12/2000	29/12/2000
81106	Grazac	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81106	Grazac	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81111	Labarthe-Bleys	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81112	Labastide-de-Lévis	01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
81112	Labastide-de-Lévis	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81112	Labastide-de-Lévis	01/01/1992	31/08/1998	21/01/1999	05/02/1999
81113	Labastide-Dénat	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81114	Labastide-Gabousse	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81115	Labastide-Rouairoux	01/05/1989	31/12/1990	27/12/2000	29/12/2000
81115	Labastide-Rouairoux	01/03/1992	30/06/1992	27/12/2000	29/12/2000
81116	Labastide-Saint-Georges	01/01/1990	31/12/1990	27/12/2000	29/12/2000
81116	Labastide-Saint-Georges	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81116	Labastide-Saint-Georges	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81117	Labessière-Candeil	01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
81117	Labessière-Candeil	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81117	Labessière-Candeil	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81120	Labruguière	01/05/1989	31/12/1995	01/10/1996	17/10/1996
81120	Labruguière	01/09/1998	31/12/1998	17/12/2002	08/01/2003
81120	Labruguière	01/01/1996	31/08/1998	19/05/1999	05/06/1999
81120	Labruguière	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81126	Lacougotte-Cadoul	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81129	Lagardiolle	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81130	Lagarrigue	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81130	Lagarrigue	01/09/1998	31/12/1998	01/08/2002	22/08/2002
81130	Lagarrigue	01/01/1996	31/08/1998	19/03/1999	03/04/1999
81130	Lagarrigue	01/01/2002	30/09/2002	03/12/2003	20/12/2003
81131	Lagrave	01/05/1989	31/12/1991	06/11/1992	18/11/1992
81131	Lagrave	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81132	Lalbarède	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81133	Lamillarié	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81133	Lamillarié	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81133	Lamillarié	01/01/1990	31/12/1990	27/12/2000	29/12/2000
81133	Lamillarié	01/01/2002	30/09/2002	03/10/2003	19/10/2003
81138	Lasgraisnes	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81138	Lasgraisnes	01/01/1990	31/12/1990	27/12/2000	29/12/2000
81138	Lasgraisnes	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81139	Lautrec	01/05/1989	31/12/1991	15/11/1994	24/11/1994
81139	Lautrec	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81139	Lautrec	01/03/1998	31/12/1998	01/08/2002	22/08/2002
81140	Lavour	01/01/1990	31/12/1990	27/12/2000	29/12/2000
81140	Lavour	01/01/2002	30/09/2002	03/12/2003	20/12/2003
81140	Lavour	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81140	Lavour	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Tarn

Code INSEE	Commune	Date début de période	Date fin de période	Date de l'arrêté	Date de parution au JO
81141	Lédas-et-Penthiès	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81142	Lempaut	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81142	Lempaut	01/05/1989	31/12/1997	19/11/1998	11/12/1998
81143	Lescout	01/09/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81143	Lescout	01/05/1989	31/08/1998	19/05/1999	05/06/1999
81143	Lescout	01/01/2002	30/09/2002	08/07/2003	26/07/2003
81144	Lescure-d'Albigeois	01/10/1995	31/08/1998	19/05/1999	05/06/1999
81144	Lescure-d'Albigeois	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81145	Lisle-sur-Tarn	01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
81145	Lisle-sur-Tarn	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81145	Lisle-sur-Tarn	01/03/1998	31/12/1998	30/04/2002	05/05/2002
81145	Lisle-sur-Tarn	01/01/2002	30/09/2002	03/12/2003	20/12/2003
81146	Livers-Cazelle	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81147	Lombers	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81149	Loupiac	01/01/2002	30/09/2002	08/07/2003	26/07/2003
81149	Loupiac	01/03/1998	31/12/1998	08/07/2003	26/07/2003
81150	Lugan	01/03/1998	31/12/1998	17/12/2002	08/01/2003
81150	Lugan	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81150	Lugan	01/01/1990	31/12/1990	17/12/2002	08/01/2003
81151	Magrin	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81152	Mailhoc	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81155	Marsal	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81156	Marssac-sur-Tarn	01/05/1989	31/12/1991	06/11/1992	18/11/1992
81156	Marssac-sur-Tarn	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81156	Marssac-sur-Tarn	01/01/2002	30/09/2002	03/10/2003	19/10/2003
81156	Marssac-sur-Tarn	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81157	Marzens	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81159	Massac-Séran	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81164	Mézens	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81165	Milhars	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81168	Mirandol-Bourgnounac	01/03/1998	31/12/1998	12/03/2002	28/03/2002
81168	Mirandol-Bourgnounac	01/01/1990	31/12/1990	12/03/2002	28/03/2002
81168	Mirandol-Bourgnounac	01/01/2002	30/09/2002	03/12/2003	20/12/2003
81168	Mirandol-Bourgnounac	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81170	Monestiès	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81171	Montans	01/05/1989	30/09/1990	28/03/1991	17/04/1991
81171	Montans	01/01/2002	30/09/2002	03/10/2003	19/10/2003
81171	Montans	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81173	Montcabrier	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81174	Montdragon	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81175	Montdurausse	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81175	Montdurausse	01/03/1992	30/06/1992	08/07/2003	26/07/2003
81175	Montdurausse	01/05/1989	30/09/1990	08/07/2003	26/07/2003
81175	Montdurausse	01/01/1998	30/09/2000	08/07/2003	26/07/2003
81177	Montfa	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81178	Montgaillard	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81179	Montgey	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81185	Montvalen	01/01/1990	31/12/1990	27/12/2000	29/12/2000
81185	Montvalen	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81185	Montvalen	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81195	Navès	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81195	Navès	01/01/1990	31/12/1990	27/12/2000	29/12/2000
81195	Navès	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81196	Noailhac	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81198	Orban	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81199	Padiès	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81201	Pampelonne	01/07/2003	30/09/2003	11/01/2005	01/02/2005
81202	Parisot	01/05/1989	31/12/1991	06/11/1992	18/11/1992
81202	Parisot	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81202	Parisot	01/03/1998	31/12/1998	01/08/2002	22/08/2002

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Tarn

Code INSEE	Commune	Date début de période	Date fin de période	Date de l'arrêté	Date de parution au JO
81204	Payrin-Augmontel	01/05/1989	31/12/1991	06/11/1992	18/11/1992
81204	Payrin-Augmontel	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81204	Payrin-Augmontel	01/03/1998	31/12/1998	17/12/2002	08/01/2003
81205	Péchaudier	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81207	Peyregoux	01/05/1989	31/12/1994	28/09/1995	15/10/1995
81207	Peyregoux	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81208	Peyrole	01/05/1989	31/12/1990	14/01/1992	05/02/1992
81208	Peyrole	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81211	Poulan-Pouzols	01/05/1989	31/12/1991	06/11/1992	18/11/1992
81211	Poulan-Pouzols	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81211	Poulan-Pouzols	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81215	Puybegon	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81216	Puycalvel	01/07/2003	30/09/2003	11/01/2005	01/02/2005
81217	Puycelci	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81218	Puygouzon	01/05/1989	31/12/1991	06/11/1992	18/11/1992
81218	Puygouzon	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81218	Puygouzon	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81219	Puylaurens	01/09/1998	31/12/1998	30/04/2002	05/05/2002
81219	Puylaurens	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81219	Puylaurens	01/01/1996	31/08/1998	19/03/1999	03/04/1999
81220	Rabastens	01/05/1989	31/12/1990	14/01/1992	05/02/1992
81220	Rabastens	01/01/1991	31/08/1998	21/01/1999	05/02/1999
81220	Rabastens	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81220	Rabastens	01/09/1998	31/12/1998	17/12/2002	08/01/2003
81222	Réalmon	01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
81222	Réalmon	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81222	Réalmon	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81225	Rivières	01/05/1989	31/12/1991	06/11/1992	18/11/1992
81225	Rivières	01/01/1992	31/08/1998	19/05/1999	05/06/1999
81225	Rivières	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81226	Ronel	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81228	Roquemaure	01/01/1990	31/12/1990	27/12/2000	29/12/2000
81228	Roquemaure	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81228	Roquemaure	01/01/2002	30/09/2002	03/10/2003	19/10/2003
81230	Rosières	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81232	Rouffiac	01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
81232	Rouffiac	01/01/1992	31/08/1998	19/05/1999	05/06/1999
81232	Rouffiac	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81233	Roumégoux	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81235	Saint-Affrique-les-Montagnes	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81241	Saint-Antonin-de-Lacalm	01/07/2003	30/09/2003	11/01/2005	01/02/2005
81244	Saint-Benoît-de-Carmaux	01/05/1989	31/12/1991	06/12/1993	28/12/1993
81244	Saint-Benoît-de-Carmaux	01/03/1998	31/12/1998	06/07/2001	18/07/2001
81244	Saint-Benoît-de-Carmaux	01/01/2002	30/09/2002	03/12/2003	20/12/2003
81244	Saint-Benoît-de-Carmaux	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81249	Sainte-Gemme	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81251	Saint-Germain-des-Prés	01/03/1998	31/12/1998	12/03/2002	28/03/2002
81251	Saint-Germain-des-Prés	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81251	Saint-Germain-des-Prés	01/01/2002	30/09/2002	03/12/2003	20/12/2003
81251	Saint-Germain-des-Prés	01/05/1989	31/12/1997	19/11/1998	11/12/1998
81257	Saint-Juéry	01/01/1990	31/12/1990	27/12/2000	29/12/2000
81257	Saint-Juéry	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81257	Saint-Juéry	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81259	Saint-Julien-Gaulène	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81259	Saint-Julien-Gaulène	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81260	Saint-Lieux-Lafenasse	01/07/2003	30/09/2003	11/01/2005	01/02/2005
81263	Saint-Martin-Laguépie	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81266	Saint-Paul-Cap-de-Joux	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81266	Saint-Paul-Cap-de-Joux	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Tarn

Code INSEE	Commune	Date début de période	Date fin de période	Date de l'arrêté	Date de parution au JO
81270	Saint-Sernin-les-Lavaur	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81271	Saint-Sulpice	01/01/1990	31/12/1990	03/12/2003	20/12/2003
81271	Saint-Sulpice	01/03/1998	31/12/1998	03/12/2003	20/12/2003
81271	Saint-Sulpice	30/06/2003	30/09/2002	03/12/2003	20/12/2003
81271	Saint-Sulpice	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	25/08/2004
81272	Saint-Urcisse	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	25/08/2004
81273	Saix	01/05/1989	31/12/1991	06/12/1993	28/12/1993
81273	Saix	01/01/1992	31/08/1998	21/01/1999	05/02/1999
81273	Saix	01/09/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81273	Saix	01/01/2002	30/09/2002	03/10/2003	19/10/2003
81273	Saix	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81274	Saliès	01/01/1990	31/12/1990	27/12/2000	29/12/2000
81274	Saliès	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81274	Saliès	01/01/2002	30/09/2002	03/10/2003	19/10/2003
81274	Saliès	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81276	Salvagnac	01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
81276	Salvagnac	01/01/1992	31/08/1998	21/01/1999	05/02/1999
81276	Salvagnac	01/09/1998	31/12/1998	03/12/2003	20/12/2003
81276	Salvagnac	01/01/2002	30/09/2002	03/12/2003	20/12/2003
81276	Salvagnac	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81277	Sausсенac	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81283	Senouillac	01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
81283	Senouillac	01/01/1992	31/12/1995	09/12/1996	20/12/1996
81283	Senouillac	01/01/1996	31/08/1998	19/03/1999	03/04/1999
81283	Senouillac	01/01/2002	30/09/2002	03/10/2003	19/10/2003
81283	Senouillac	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81284	Le Séquestre	01/05/1989	31/12/1991	27/05/1994	10/06/1994
81284	Le Séquestre	17/06/1992	18/06/1992	16/10/1992	17/10/1992
81284	Le Séquestre	01/03/1998	31/12/1998	06/07/2001	18/07/2001
81284	Le Séquestre	03/12/2003	04/12/2003	05/02/2004	26/02/2004
81285	Sérénac	01/01/1990	31/12/1990	27/12/2000	29/12/2000
81285	Sérénac	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81286	Serviès	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81288	Sorèze	01/05/1989	31/12/1991	06/12/1993	28/12/1993
81288	Sorèze	01/01/1992	30/06/1992	30/04/2002	05/05/2002
81288	Sorèze	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81289	Soual	01/01/1990	31/12/1990	27/12/2000	29/12/2000
81289	Soual	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81289	Soual	01/01/2002	30/09/2002	03/12/2003	20/12/2003
81289	Soual	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81292	Tanus	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81293	Tauriac	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81294	Técou	01/05/1989	31/12/1990	14/01/1992	05/02/1992
81294	Técou	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81296	Terre-Clapier	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81298	Teulat	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81299	Teyssode	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81304	Trévien	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81306	Valderiès	01/05/1989	31/12/1996	02/02/1998	18/02/1998
81306	Valderiès	01/03/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
81308	Valence-d'Albigeois	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81310	Veilhes	01/01/1990	31/12/1990	17/12/2002	08/01/2003
81310	Veilhes	01/03/1998	31/12/1998	01/08/2002	22/08/2002
81310	Veilhes	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81311	Vènès	01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
81311	Vènès	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004

Code INSEE	Commune	Date début de période	Date fin de période	Date de l'arrêté	Date de parution au JO
81312	Verdalle	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81315	Vielmur-sur-Agout	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	31/05/2005
81318	Villeneuve-lès-Lavaur	01/03/1998	31/12/1998	08/07/2003	26/07/2003
81324	Viviers-lès-Lavaur	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81325	Viviers-lès-Montagnes	01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
81325	Viviers-lès-Montagnes	01/03/1998	31/12/1998	30/04/2002	05/05/2002
81325	Viviers-lès-Montagnes	01/01/1992	31/12/1997	15/07/1998	29/07/1998
81325	Viviers-lès-Montagnes	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
81326	Sainte-Croix	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004

Annexe 4

Extrait de la liste des sinistres “sécheresse” recensés dans le cadre de cette étude

(voir liste complète sur le cdrom joint)

N° de sinistre	Origine du dossier	n°isse commune	Commune	Coord X LIEE(m)	Coord Y LIEE(m)	Carte IGN	N° IGN	N° scan	Nom carte géologique	Nom carte géologique	Nom de la Formation	Lithologie générale	Date 1er aléandre	Etude de sol	Bureau étude
81011_001	marie	81011	AMBRES	561300.11	1659046.73	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Melasses de l'Eocène et l'Oligocène	empilement de séquences plus ou moins corréolées graveleuses ou sablonneuses à la base, puis siliceuses, argilieuses et enfin calcaires	1999	OUI	SOUS ET EAUX
81011_002	marie	81011	AMBRES	567766.2	1659143.03	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Alluvions du quaternaire inhabitantes de la molasse	composées d'argile limoneuse et sabonneuse avec quelques graviers et galets et alimentées par la molasse environnante	1999	OUI	SOUS ET EAUX
81011_003	marie	81011	AMBRES	561489.93	1657000.22	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Calcaires, grès et conglomérats du Mésocène et du Crétacé	banca de grès, de conglomérats et de calcaires lacustres ou palustres contenant des intercalations marneuses et argilieuses	1999	OUI	SOUS ET EAUX
81011_004	marie	81011	AMBRES	567134.36	1656862.81	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Limons sur alluvions du quaternaire	alluvions colluvionnaires, graveleux ou sablonneux recouverts de limons d'inondation argileux très décalcifiés	1999	OUI	SOUS ET EAUX
81011_005	marie	81011	AMBRES	561698.2	1657367.69	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Cônes de déjection actuels, éboulis et grèzes non argileux	dépôts colluvionnaires, peu consolidés et se trouvant au pied des versants raides et au débouché de ravins, le long de la vallée du Thoré et de l'Agout	1999	OUI	SOUS ET EAUX
81011_006	marie	81011	AMBRES	562205.69	1657863.11	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Glacis et palier d'érosion	dépôts schisteux et quartziteux répoqués des paléo-vallées	1999	OUI	SOUS ET EAUX
81011_007	marie	81011	AMBRES	569696.91	1659620.39	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Alluvions du quaternaire graveleuses récentes	embalms dans une matrice argilo-sabonneuse ou argilo-graveleuse	1999	OUI	SOUS ET EAUX
81011_008	marie	81011	AMBRES	560632.14	1659188.22	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Formations solifluées	constituées d'argile et de sables provenant du remaniement des molasses ou de dépôts alluviaux et subissant des déplacements par écoulements	1999	OUI	SOUS ET EAUX
81011_009	marie	81011	AMBRES	561447.59	1659347.26	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Formations solifluées	constituées d'argile limoneuse et sabonneuse avec quelques graviers et galets et alimentées par la molasse environnante	1999	OUI	SOUS ET EAUX
81011_010	marie	81011	AMBRES	567679.5	1659674.2	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Alluvions du quaternaire inhabitantes de la molasse	empilement de séquences plus ou moins corréolées graveleuses ou sablonneuses à la base, puis siliceuses, argilieuses et enfin calcaires	1999	OUI	SOUS ET EAUX
81011_011	marie	81011	AMBRES	568276.47	1659345.83	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Melasses de l'Eocène et l'Oligocène	constituées d'argile et de sables provenant du remaniement des molasses ou de dépôts alluviaux et subissant des déplacements par écoulements	1999	OUI	SOUS ET EAUX
81011_012	marie	81011	AMBRES	561200.21	1659915.04	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Formations solifluées	constituées d'argile et de sables provenant du remaniement des molasses ou de dépôts alluviaux et subissant des déplacements par écoulements	1999	OUI	SOUS ET EAUX
81011_013	marie	81011	AMBRES	567867.51	1659274.09	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Argiles	dépôts colluvionnaires, peu consolidés et se trouvant au pied des versants raides et au débouché de ravins, le long de la vallée du Thoré et de l'Agout	2003		
81011_014	marie	81011	AMBRES	565667.71	1656341.33	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Limons sur alluvions du quaternaire	alluvions colluvionnaires, graveleux ou sablonneux recouverts de limons d'inondation argileux très décalcifiés	2003		
81011_015	marie	81011	AMBRES	568672.06	1658913.21	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Limons sur alluvions du quaternaire	alluvions colluvionnaires, graveleux ou sablonneux recouverts de limons d'inondation argileux très décalcifiés	2003		
81011_016	marie	81011	AMBRES	565400.72	1656962.76	GAILLAC	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Melange grossier hétérogène de sables, graviers et galets, mêlés dans une matrice argileuse, parfois tourbeuse	dépôts colluvionnaires, graveleux ou sablonneux recouverts de limons d'inondation argileux très décalcifiés	2000		
81011_017	marie	81011	AMBRES	568626.98	1658621.52	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Limons sur alluvions du quaternaire	alluvions colluvionnaires, graveleux ou sablonneux recouverts de limons d'inondation argileux très décalcifiés	2003		
81011_018	marie	81011	AMBRES	567295.67	1659006.48	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Alluvions du quaternaire inhabitantes de la molasse	composées d'argile limoneuse et sabonneuse avec quelques graviers et galets et alimentées par la molasse environnante	2000		
81011_019	marie	81011	AMBRES	566911.07	1658633.09	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Limons sur alluvions du quaternaire	alluvions colluvionnaires, graveleux ou sablonneux recouverts de limons d'inondation argileux très décalcifiés	2003		
81011_020	marie	81011	AMBRES	568634.6	1659466.61	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Limons sur alluvions du quaternaire	dépôts colluvionnaires, peu consolidés et se trouvant au pied des versants raides et au débouché de ravins, le long de la vallée du Thoré et de l'Agout	2003		
81011_021	marie	81011	AMBRES	561200.41	1659756.01	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Cônes de déjection actuels, éboulis et grèzes non argileux	dépôts colluvionnaires, peu consolidés et se trouvant au pied des versants raides et au débouché de ravins, le long de la vallée du Thoré et de l'Agout	2003		
81011_022	SOUS ET EAUX	81011	AMBRES	567076.33	1659006.78	LAVAUUR	22430	F055_082	LAVAUUR	965	Alluvions du quaternaire graveleuses récentes	mélange grossier, hétérogène, de sables, graviers et galets, mêlés dans une matrice argileuse, parfois tourbeuse	2003	OUI	SOUS ET EAUX
81016_001	marie	81016	ARTHEZ	568612.15	1684061.12	CARMAUX	23410	F055_079	CARMAUX	933	Argiles à grès de l'Eocène	constituées de dépôts de schistes et de quartz moyennés dans une matrice argilo-siliceuse à argileuse rouge et situées à la base des molasses	1999		

Annexe 5

Liste et coordonnées des bureaux d'études ayant fourni des données géotechniques

Coordonnées de l'Union Syndicale de Géotechnique

Union Syndicale de Géotechnique

Maison de l'Ingénierie

3, rue Léon Bonnat

75 016 Paris

Coordonnées des bureaux d'études ayant fourni des données :

ANTEA

Agence Aquitaine Charentes Midi Pyrénées

Technoparc
5, rue Jean Bart

BP 43

31674 LABEGE CEDEX

Téléphone : 05 61 00 70 40

Télécopie : 05 61 00 70 41

SOLS & EAUX

"En Gélis"

LACROISILLE

81470 CUQ TOULZA

Tel : 33 (0)5.63.75.02.82

Télécopie : 33(0)5.63.75.07.38

mél : contact@sols-et-eaux.com

web : <http://www.sols-et-eaux.com>

Annexe 6

Exemple de fiche analytique de notice de carte géologique

Feuille 1012 : MAZAMET

(3 sondages en BSS)

1- Roches métamorphiques et cristallines :

Ces roches sont essentiellement présentes dans la Montagne Noire et dans la région d'Anglès, sous forme de gneiss, de micaschistes et quartzites, et de granitoïdes (granodiorites et granites) et plus localement de calcaires métamorphiques du Cambrien. Ces formations composent le socle hercynien (âge de la déformation). (NA)

2- Les formations Paléogènes :

a) Faciès à paléoaltérites et paléosols (c-e₅)

Accumulation irrégulière d'argiles à graviers + paléoaltérites + encroûtements de **4 à 5 cm** avec **kaolinite et gibbsite**.

b) Faciès de paléo-piedmont

Poudingues à ciment argilo-sableux (e_{3-5b}), brèches (NA), argiles à graviers (e_{4-5b}), **argiles kaoliniques (8m)** (e_{4-5bR}), brèches et niveaux sableux +/- dolomitiques. (NA)

c) Faciès de plages sableuses

Niveaux finement gréseux à ciment siliceux et sables dolomitiques. (NA)

d) Faciès lacustres

Calcaires lacustres avec quelques passées argileuses palustres ou à graviers lors d'exondations du lac et provenant de l'érosion du paléo-Massif Central. (e_{5c2C})

e) Faciès palustres (e_{6aM})

Argiles palustres marmorisées (ou molasse de Saïx) constituées **d'illite et de smectites** et traversées par des bancs de grès molassiques et de calcaires palustres(avec marnes associées).

f) Faciès deltaïques

Argiles à graviers plus riche en silicoclastiques et plus pauvre en calcaires (e_{6aA}), puis argiles molassiques (e_{6aSi}) (e_{6aV}) (e_{6aSm})

3- Formations fluviatiles quaternaires :

a) Formations fluviatiles

On y trouve des dépôts de cône de déjection, des alluvions anciens (Fw), des lambeaux de terrasse recouverts de limons éoliens (Fx), des alluvions argileux et ligniteux (2m-2,5m) (Fy1 (2m-2,5m), Fy2), et des alluvions récents constitués de sédiments sableux, graveleux et argileux (Fz).

b) Formations de piedmont

Elles sont constituées de brèches (« mortadelle » et wurmiennes) cimentées et par endroit à éléments jointifs. (NA)

c) Formations de versant

Elles se trouvent sous forme de grèzes, de remaniement colluvionnaire et de cône de dépôts soliflués.

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemain
BP 6009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Midi Pyrénées
3, rue Marie Curie, Bât. Aruba
BP 49
31527 Ramonville Saint Agne - France
Tél. : 05 62 24 14 50